

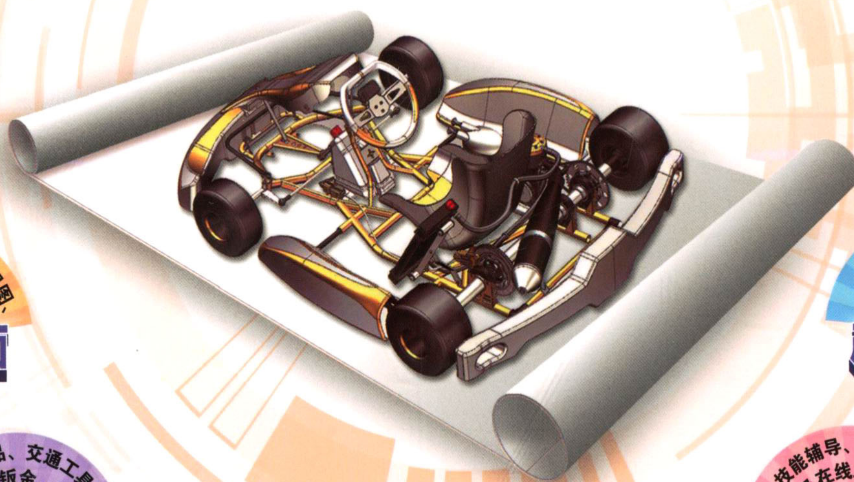





二维草图 + 零件建模 + 装配设计 + 仿真分析 + 在线教学 + 互动答疑

中文版 SolidWorks 2018 从入门到精通

张晓智 编著



草图、建模、曲面、工程图、仿真与分析
内容全面

设计之门等教育机构免费咨询及就业指导
产学结合

家用产品、交通工具、零件、钣金、装配
行业覆盖

技能辅导、视频授课，以及在线互动答疑
在线互动

设计流程及零件草图、装配图等图纸展现
图解导航

温馨提示、技巧点拨、实战案例、论坛贴
技能提升





扫码附赠

所有案例素材、模型、图纸和教学视频等实用资料，腾讯、网易等大型平台在线教育课程，以及海量设计资源，稍加改动即可应用于实际工作中



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

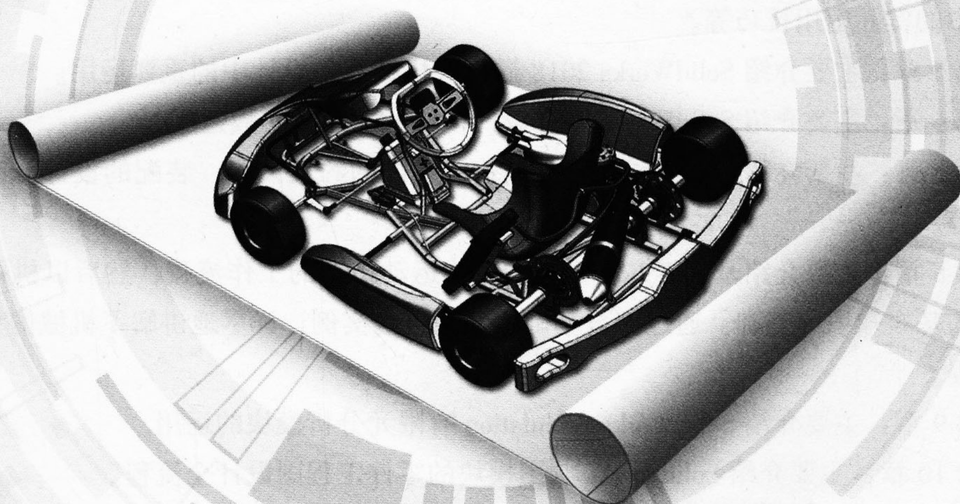
LANZAROTE Caliente.COM

二维草图 + 零件建模 + 装配设计 + 仿真分析 + 在线教学 + 互动答疑

中文版 SolidWorks 2018 从入门到精通

张晓智 编著





机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

内容特色

本书从软件的基本应用及行业知识入手，以SolidWorks 2018平台为主线，以三维建模、装配及仿真的行业实战案例为引导，按照由浅入深、循序渐进的方式，讲解该软件的新特性和相关操作方法。

本书所有实战案例均从设计行业实战出发，每个知识点配有上机操作及能力拓展训练。针对设计过程中出现的问题加以全面分析并给出实用的指导参考。此外，读者还可以选择大型在线教育平台中作者团队提供的优质课程深入学习并互动交流：小到功能指令、界面介绍，大到案例及行业背景等均配有语音教学视频。

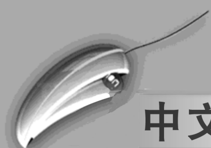
系列图书

- 中文版SolidWorks 2018从入门到精通
- 中文版Creo 4.0从入门到精通
- 中文版CATIA V5-6 R2017从入门到精通
- 中文版Moldflow 2018模流分析从入门到精通
- Alias 2018产品设计从入门到精通
- 新工业革命：UG NX综合建模与3D打印
- 新工业革命：Creo综合建模与3D打印
- 中文版AutoCAD 2016从入门到精通：实战案例版
- 中文版AutoCAD 2016机械设计从入门到精通：实战案例版
- 中文版AutoCAD 2016室内装潢从入门到精通：实战案例版
- 中文版AutoCAD 2016电气设计从入门到精通：实战案例版

著名设计论坛技术支持



- 三维网http://www.3dportal.cn/discuz/portal.php
- 开思网https://www.icax.org/



前　　言

SolidWorks 三维设计软件是法国达索公司的产品。自问世以来，以其优异的性能、易用性和创新性，极大地提高了机械工程师的设计效率。在与同类软件的激烈竞争中，已经确立了市场地位，成为三维机械设计软件的标准。其应用范围涉及机械、航空航天、汽车、造船、通用机械、医疗器械和电子等诸多领域。

• 本书内容

本书以 SolidWorks 2018 为工具，向读者详细讲解了 SolidWorks 2018 的常用设计功能及其相关插件的应用方法，全书共 10 章。

❒ 第 1 章：主要介绍 SolidWorks 2018 软件的基本概况、视图的操控、参考几何体的创建等入门内容。

❒ 第 2 ~4 章：主要介绍与草图设计、实体特征设计和曲面造型相关的功能指令，以及在设计中的实际运用技巧等。

❒ 第 5 章：主要介绍 SolidWorks 2018 插件在机械零件设计中的重要运用。

❒ 第 6 章：主要介绍 SolidWorks 钣金设计模块的功能和实战运用。

❒ 第 7 章：主要介绍 SolidWorks 装配模块、装配的约束设置、装配的设计修改、分解视图等内容。

❒ 第 8 章：主要介绍基于 SolidWorks 的机构运动仿真的工作流程，然后以机构设计和运动分析的基本知识为基础，通过大量基础和复杂机构实例，详尽地讲解了机械仿真运动基本操作流程。

❒ 第 9 章：主要介绍 SolidWorks Simulation 有限元分析模块的运用。

❒ 第 10 章：主要介绍 SolidWorks 制图模块的零件工程图设计全流程。

• 本书特色

本书从软件的基本应用及行业知识入手，以 SolidWorks 2018 软件模块和插件程序的应用为主线，以实例为引导，按照由浅入深、循序渐进的方式，讲解软件的新特性和软件操作方法，使读者能快速掌握 SolidWorks 软件的设计技巧。

本书中的所有案例均从实战出发，每章、每节都配有典型技术案例。各章还列举了部分论坛网友的求助帖，对其加以解析并给出了合理的建议，让软件学习跟实战技术紧密结合，以便读者掌握更多的知识。

本书以一个指令或相似指令＋案例的形式进行讲解，生动而不乏味，动静结合、相得益彰。全书丰富的实战案例涵盖各行各业，稍加修改即可应用于实际工作。

本书既可以作为院校机械 CAD、模具设计、钣金设计、电气设计、产品设计等专业的教材，也可作为对制造行业有浓厚兴趣读者的参考教程。



● **作者信息**

本书由淄博职业学院的张晓智负责全书的编写工作，共约 58 万字。参与本书内容编写和案例测试的人员还包括：张红霞、孙占臣、罗凯、刘金刚、王俊新、董文洋、张学颖、鞠成伟、杨春兰、刘永玉、金大玮、陈旭、黄晓瑜、王全景、田婧、黄成、戚彬、马萌、赵光、张庆余、王岩、刘纪宝、任军、郝庆波、李勇、秦琳晶、吕英波、黄建峰、王晓丹、张雨滋等，他们为完成本书的出版提供了大量的帮助。

感谢您选购了本书，希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助，也希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

目　　录

前　言

第 1 章　SolidWorks 2018 入门 …… 1

1.1　SolidWorks 2018 用户界面 …… 2
1.1.1　欢迎界面 …… 2
1.1.2　用户界面 …… 3
1.1.3　任务窗格 …… 5
1.2　利用键鼠功能操控视图 …… 7
1.2.1　利用键鼠快捷键操控视图 …… 8
1.2.2　利用鼠标笔势操控视图 …… 8
上机操作 利用鼠标笔势绘制草图 …… 10
1.2.3　利用图形区域操控模型 …… 12
上机操作 使用 Instant 3D 修改零件 …… 18
1.3　创建参考几何体 …… 22
1.3.1　基准面 …… 22
1.3.2　基准轴 …… 23
1.3.3　坐标系 …… 24
1.3.4　点 …… 25
1.4　入门案例——阀体零件设计 …… 25
1.5　技术解惑 …… 30

第 2 章　草图设计 …… 36

2.1　草图基础知识 …… 37
2.1.1　草图环境 …… 37
2.1.2　草图曲线的绘制方法 …… 37
2.2　2D 草图曲线的绘制方法 …… 38
2.2.1　直线与中心线 …… 38
上机操作 利用【直线】【中心线】命令绘制直线、圆弧图形 …… 39
2.2.2　圆与周边圆 …… 41
上机操作 利用【圆】和【周边圆】工具绘制草图 …… 42
2.2.3　圆弧 …… 45
2.2.4　椭圆与部分椭圆 …… 47
上机操作 利用【圆弧】【椭圆】【椭圆弧】工具绘制草图 …… 49
2.2.5　矩形 …… 51
2.2.6　槽口曲线 …… 52
2.2.7　多边形 …… 53
2.2.8　绘制圆角曲线 …… 54
2.2.9　绘制倒角 …… 55
2.2.10　文字 …… 56
2.3　2D 草图变换操作 …… 57
2.3.1　剪裁实体 …… 57
2.3.2　延伸实体 …… 59
2.3.3　等距实体 …… 59
2.3.4　镜像实体 …… 60
2.3.5　创建副本实体 …… 61

2.3.6 草图实体的阵列 …… 64
2.4 草图尺寸约束与几何关系 …… 65
2.4.1 几何关系约束 …… 65
2.4.2 草图尺寸约束 …… 67
2.4.3 草图尺寸设置 …… 68
2.5 草图综合训练 …… 70
2.6 技术解惑 …… 84

第3章 实体特征建模 …… 88

3.1 特征建模概念 …… 89
3.2 基于草图的特征建模 …… 89
3.2.1 拉伸凸台/基体 …… 90
上机操作 创建筋板零件 …… 90
3.2.2 旋转凸台/基体 …… 92
上机操作 创建偏心轮零件模型 …… 93
3.2.3 扫描 …… 95
上机操作 创建麻花绳 …… 95
3.2.4 放样凸台/基体 …… 97
上机操作 创建扁瓶 …… 98
3.2.5 边界凸台/基体 …… 100
3.3 形变特征设计 …… 100
3.3.1 自由形 …… 100
上机操作 自由形形变操作 …… 101
3.3.2 变形 …… 103
上机操作 创建手柄 …… 103
3.3.3 压凹 …… 106
上机操作 创建压凹特征 …… 106
3.3.4 圆顶 …… 108
3.4 附加特征（工程特征）设计 …… 108
3.4.1 圆角和倒角 …… 108
3.4.2 孔 …… 111
3.4.3 抽壳 …… 113
3.4.4 拔模 …… 113
3.4.5 加强筋 …… 114
3.5 阵列与镜像 …… 115
3.5.1 阵列 …… 116
3.5.2 镜像 …… 117
3.6 建模技法详解与训练 …… 117
3.6.1 三维建模方法探讨 …… 117
3.6.2 建模训练——摇柄零件设计 …… 120
3.7 技术解惑 …… 126

第4章 曲线与曲面建模 …… 131

4.1 曲线设计 …… 132
4.1.1 3D草图设计 …… 132
4.1.2 曲线设计 …… 133
4.2 曲面造型设计 …… 138
4.2.1 基础曲面设计 …… 138
4.2.2 基本曲面造型案例——玩具飞机造型 …… 143
4.2.3 曲面控制 …… 150
4.2.4 高级曲面造型——勺子曲面造型 …… 154
4.3 曲面建模训练——花式瓷瓶造型设计 …… 161
4.4 技术解惑 …… 166
4.4.1 一般曲面的光顺及连续性 …… 166
4.4.2 汽车外观造型设计的A级曲面概念 …… 167

第 5 章 机械标准件设计 …………………………………………………………………… 169

5.1 SolidWorks 内置机械插件应用 ………………………………… 170
5.1.1 FeatureWorks 插件应用 …… 170
上机操作 识别特征并修改特征 …… 173
5.1.2 Toolbox 插件的应用 ……… 175
上机操作 应用 Toolbox 标准件 ……… 176
5.1.3 DimXpert（尺寸专家）的应用 ……………………… 179
上机操作 手动和自动标注装配体中的组件 ………… 180
5.1.4 TolAnalyst（公差分析）插件的应用 ………………… 184
上机操作 TolAnalyst 等距公差与最小间隙分析 …………… 184
5.2 SolidWorks 外部插件应用 ……… 189
5.2.1 GearTrax 齿轮插件的应用 ……………………… 189
上机操作 设计外啮合齿轮标准件 …………………… 190
上机操作 设计链轮和带轮 ………… 193
5.2.2 SolidWorks 弹簧宏程序 …… 195
上机操作 利用 SolidWorks 弹簧宏程序设计弹簧 ………………… 195
5.3 标准件建模训练——Toolbox 凸轮设计 ……………… 196
5.4 技术解惑 ……………………………… 197

第 6 章 钣金结构件设计 …………………………………………………………………… 201

6.1 钣金基本知识 …………………… 202
6.1.1 钣金术语 …………………… 202
6.1.2 钣金结构设计注意事项 …… 202
6.1.3 SolidWorks 钣金设计方法 … 203
6.1.4 启用【钣金】特征选项卡 … 204
6.2 钣金法兰设计 …………………… 205
6.2.1 基体法兰 …………………… 205
6.2.2 边线法兰 …………………… 207
6.2.3 斜接法兰 …………………… 210
6.2.4 建模训练——固定支架的设计 …………… 212
6.3 折弯钣金体设计 ………………… 214
6.3.1 绘制的折弯 ………………… 214
6.3.2 褶边 ………………………… 215
6.3.3 转折 ………………………… 216
6.3.4 展开和折叠 ………………… 217
6.3.5 放样折弯 …………………… 218
6.3.6 建模训练——显示屏支架设计与建模 …… 219
6.4 钣金操作 ………………………… 223
6.4.1 边角剪裁 …………………… 223
6.4.2 断开边角 …………………… 224
6.4.3 闭合角 ……………………… 225
6.4.4 通风口 ……………………… 226
6.4.5 实体零件转换为钣金 ……… 227
6.4.6 建模操练——电气箱设计 ………………… 228
6.5 技术解惑 ………………………… 232
6.5.1 钣金展开与计算 …………… 232
6.5.2 传统钣金展开放样方法 …… 232
6.5.3 可展曲面与不可展曲面 …… 237
6.5.4 钣金练习 …………………… 237

第 7 章　装配体设计 ………………………………………………………………………… 239

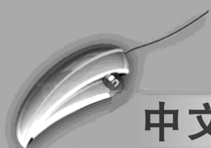
7.1　SolidWorks 装配设计概述 ……… 240
7.1.1　装配入门知识 ……………… 240
7.1.2　布局草图 …………………… 242
7.1.3　装配体检测 ………………… 243
7.1.4　控制装配体的显示 ………… 244
7.1.5　装配建模训练——基于布局草图的装配体设计 …… 246
7.2　自下而上装配设计 ……………… 247
7.2.1　创建装配体 ………………… 247
7.2.2　插入零部件 ………………… 248
7.2.3　零部件的配合 ……………… 249
7.2.4　零部件的操作 ……………… 254
7.2.5　装配建模训练——台虎钳装配 ………………… 258
7.3　自上而下装配设计 ……………… 265
7.3.1　自上而下装配设计的含义 ………………………… 265
7.3.2　智能扣件 …………………… 265
7.3.3　智能零部件 ………………… 266
7.3.4　装配体直观 ………………… 267
7.3.5　大型装配体的简化 ………… 268
7.3.6　爆炸图技术 ………………… 270
7.3.7　装配建模训练——活动脚轮装配设计 ………… 272
7.4　课后练习 ………………………… 279

第 8 章　机构动画与仿真设计 ………………………………………………………… 281

8.1　SolidWorks 运动算例 …………… 282
8.1.1　运动算例界面 ……………… 282
8.1.2　时间线与时间栏 …………… 283
8.1.3　键码点、关键帧、更改栏、选项 ……………………… 284
8.1.4　算例类型 …………………… 286
8.2　创建机构动画 …………………… 286
8.2.1　创建基本动画 ……………… 286
上机操作 制作关键帧动画 ………… 286
上机操作 创建相机撬动画 ………… 290
8.2.2　动画向导 …………………… 294
上机操作 创建旋转动画 …………… 294
上机操作 创建爆炸动画 …………… 296
8.3　基本运动 ………………………… 298
8.3.1　四连杆机构运动仿真 ……… 298
上机操作 连杆机构运动仿真 ……… 301
8.3.2　齿轮传动机构仿真 ………… 303
上机操作 齿轮减速器机构运动仿真 ………………… 304
8.4　Motion 运动分析 ………………… 306
8.4.1　凸轮机构运动仿真概述 …… 307
8.4.2　凸轮机构仿真案例 ………… 309
上机操作 阀门凸轮机构运动仿真 … 309
8.5　课后练习 ………………………… 312

第 9 章　有限元分析 …………………………………………………………………… 314

9.1　有限元分析基础知识 …………… 315
9.1.1　有限元法概述 ……………… 315
9.1.2　SolidWorks Simulation 有限元简介 ……………………… 318
9.1.3　SolidWorks Simulation 分析类型 ……………………… 319
9.1.4　Simulation 有限元分析的一般步骤 ……………………… 322



9.1.5 Simulation 使用指导 ········ 324
9.2 Simulation 分析工具介绍 ········ 325
9.2.1 分析算例 ························ 325
9.2.2 应用材料 ························ 327
上机操作 创建自定义的新材料 ······ 328
9.2.3 设定边界条件 ················· 329
9.2.4 网格单元 ························ 331
上机操作 创建1D横梁单元 ············ 334
上机操作 创建2D壳体单元 ············ 335
9.3 有限元分析案例——夹钳装配体静应力分析 ························ 337
9.4 课后练习 ···························· 341

第10章 工程图设计 ························ 343

10.1 SolidWorks 工程制图概述 ······ 344
10.1.1 设置工程图环境 ············ 344
10.1.2 建立新图形 ················· 346
10.1.3 图纸格式 ···················· 348
10.2 建立工程图 ······················ 349
10.2.1 建立三视图 ················· 349
10.2.2 模型视图 ···················· 350
10.2.3 建立剖视图 ················· 351
10.2.4 建立投影视图 ·············· 354
10.2.5 建立辅助视图 ·············· 354
10.2.6 建立局部放大视图 ········ 355
10.3 修改工程图 ······················ 356
10.3.1 移动视图 ···················· 356
10.3.2 旋转视图 ···················· 357
10.3.3 删除视图 ···················· 358
10.3.4 隐藏和显示视图 ··········· 359
10.3.5 改变比例 ···················· 359
10.3.6 修改剖面线 ················· 360
10.4 尺寸标注和技术要求 ··········· 360
10.4.1 尺寸标注 ···················· 361
10.4.2 注解的标注 ················· 364
10.4.3 材料明细表 ················· 366
10.5 转换为 AutoCAD 文档 ········· 366
10.6 工程图案例——挂墙式分光模块盒体工程图 ··· 367
10.7 课后练习 ·························· 374

第 1 章

SolidWorks 2018 入门



本章导读

SolidWorks 软件是当前三维设计的主流软件之一，SolidWorks 友好的界面让初学者学习起来更容易上手。本章主要介绍 SolidWorks 2018 版本的界面和选项配置、视图操控及参考几何体创建的基本方法。



案例展现

ANLIZHANXIAN

案　例　图	描　　述
	SolidWorks 软件是世界上第一款基于 Windows 开发的三维 CAD 系统。SolidWorks 2018 经过重新设计，极大地提高了空间利用率。虽然功能增加不少，但整体界面并没有太大变化，基本与 SolidWorks 2017 保持一致
	在 SolidWorks 2018 软件功能的全面学习之前，利用部分草图、实体功能来创建一个机械零件模型，让大家对 SolidWorks 2018 的建模思想有个初步理解

1.1 SolidWorks 2018 用户界面

SolidWorks 软件是法国达索公司旗下的世界上第一款基于 Windows 开发的三维 CAD 系统。下面就 SolidWorks 软件最新版本 SolidWorks 2018 的界面进行简要介绍。



1.1.1 欢迎界面

启动 SolidWorks 2018 软件后，系统会打开欢迎界面，如图 1-1 所示。欢迎界面是初学者用户学习软件的引导界面。用户可以从欢迎界面中的【主页】页面下管理 SolidWorks 文件并获取相关学习资源。

在【学习】页面中，用户还可以接触到 SolidWorks 官方基础教程、指导教程等，帮助初学者迅速掌握软件的基本运用知识，如图 1-2 所示。



图 1-1　SolidWorks 2018 欢迎界面



图 1-2　【学习】页面

在【主页】页面下单击【零件】按钮零件建立零件文件，或者单击【打开】按钮打开打开已有的SolidWorks 模型文件，即可立即进入 SolidWorks 2018 零件设计的用户界面，如图 1-3 所示。

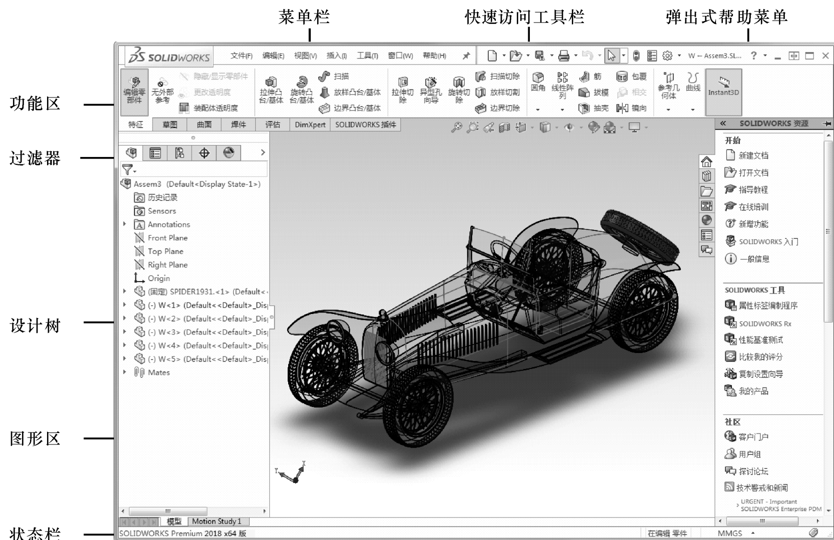


图 1-3　SolidWorks 2018 用户界面



1.1.2　用户界面

SolidWorks 2018 经过重新设计，极大地提高了空间利用率。虽然功能增加不少，但整体界面并没有太大变化，基本与 SolidWorks 2017 保持一致。

SolidWorks 2018 用户界面中包括菜单栏、功能区、命令选项卡、设计树、过滤器、图形区、状态栏、前导功能区、任务窗格及弹出式帮助菜单等，具体如下。

1. 菜单栏

菜单栏中包括 SolidWorks 2018 的大部分命令，如图 1-4 所示。



图 1-4　菜单栏

菜单栏中的菜单命令，可根据活动的文档类型和工作流程来调用，菜单栏中许多命令也可通过命令选项卡、功能区、快捷菜单和任务窗格进行调用。

2. 功能区

大部分 SolidWorks 工具以及插件产品均可使用功能区。命名的工具选项卡可帮助用户进行特定的设计任务，如应用曲面或工程图曲线等。由于命令选项卡中的命令显示在功能区中，并占用了功能区大部分区域，因此其余工具条一般情况下是默认关闭的。要显示其余 SolidWorks 工具条，可执行右键菜单命令，将 SolidWorks 工具条调出来，如图 1-5 所示。



图 1-5　调出 SolidWorks 工具条

3. 命令选项卡

命令选项卡是一个上下文相关工具选项卡，可以根据用户要使用的工具条进行动态更新。默认情况下，它根据文档类型嵌入相应的工具条，例如导入的文件是实体模型，【特征】功能区中将显示用于创建特征的所有命令，如图 1-6 所示。



图 1-6 【特征】选项卡

若用户需要使用其他命令选项卡中的命令，可单击位于命令选项卡下面的选项卡按钮，更新显示该功能区。例如，选择【草图】选项卡，草图工具将显示在功能区中，如图 1-7 所示。



图 1-7 【草图】选项卡

技巧点拨	在选项卡中执行右键菜单中的【使用带有文本的大按钮】命令，命令选项卡中将不显示工具命令的文本。

4. 设计树

SolidWorks 界面窗口左边的设计树提供激活零件、装配体或工程图的大纲视图。用户通过设计树可以轻松观察模型设计状态或装配体如何建造以及检查工程图中的各个图纸和视图。设计树控制面板包括 FeatureManager（特征管理器）、PropertyManager（属性管理器）、ConfigurationManager（配置管理器）和 DimXpertManager（尺寸管理器）标签，如图 1-8 所示。FeatureManager（特征管理器）设计树如图 1-9 所示。

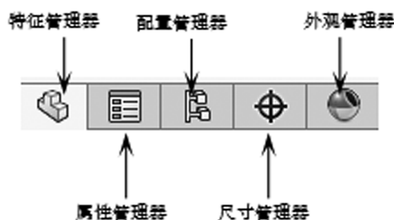


图 1-8 SolidWorks 2018 欢迎界面

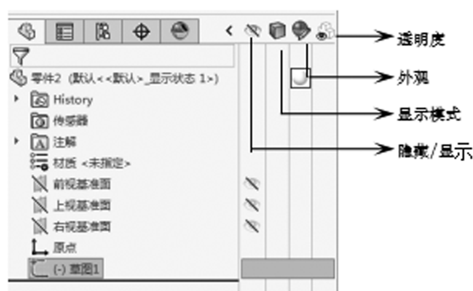


图 1-9 FeatureManager（特征管理器）设计树

5. 状态栏

状态栏是设计人员与计算机进行信息交互的主要窗口之一，很多系统信息都在这里显示，包括操作提示、各种警告和出错信息等，所以设计人员在操作过程中要养成随时浏览状态栏的习惯。状态栏如图 1-10 所示。



图 1-10 状态栏

6. 前导视图工具条

图形区是用户设计、编辑及查看模型的操作区域。图形区中的前导视图工具条为用户提供模型外观编辑、视图操作工具，包括【整屏显示全图】【局部放大】【上一视图】【剖面视图】【视图定向】【显示样式】【隐藏/显示项目】【编辑外观】【应用布景】及【视图设定】等视图工具，如图 1-11 所示。

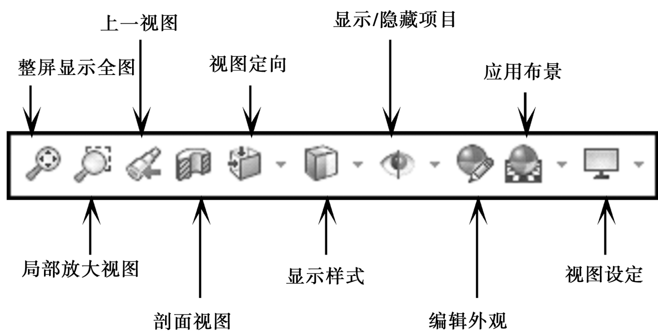


图 1-11 前导视图工具条





1.1.3 任务窗格

任务窗格向用户提供当前设计状态下的多重任务工具，包括 SolidWorks 资源、设计库、文件探索器、查看调色板、外观、布景和贴图以及自定义属性等工具面板，如图 1-12 所示。

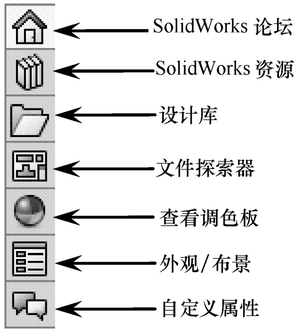


图 1-12 任务窗格

1. SolidWorks 资源

【SolidWorks 资源】面板的主要内容有命令、链接和信息，其中包括【开始】【社区】【在线资源】【机械设计】【模具设计】及【消费品设计】等任务，如图 1-13 所示。

用户可以通过【开始】任务来新建零件模型，并可参考指导教程完成零件模型的设计。同理，在每个任务中，用户皆可参考相关的指导教程来完成各项设计任务。

技巧点拨	用户在设计过程中还可在 SolidWorks 资源面板底部参考【日积月累】提示来操作。单击【下一提示】命令将显示其他提示。

2. 设计库

任务窗格中的【设计库】面板提供了可重复使用的元素（如零件、装配体及草图）。它不识别不可重用的单元，如 SolidWorks 工程图、文本文件或其他非 SolidWorks 文件，如图 1-14所示。

用户从设计库中调用标准件至图形区以后，根据实际的设计需求还可对该标准件进行编辑。

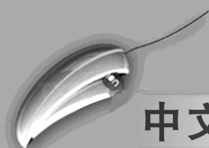




图 1-13 【SolidWorks 资源】面板

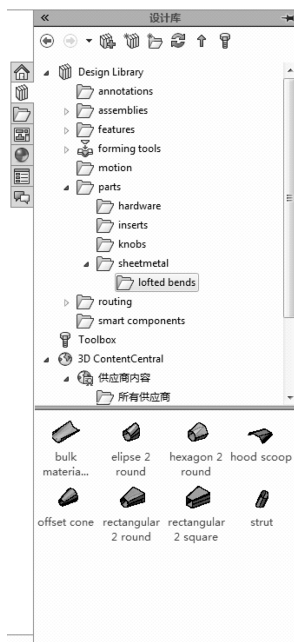


图 1-14 【设计库】面板

（1）文件探索器

文件探索器可从 Windows 系统硬盘中打开 SolidWorks 文件。文件可以通过外部环境的应用软件打开，也可以在 SolidWorks 中打开。【文件探索器】面板如图 1-15 所示。

从 SolidWorks 中打开的文件只能是零件图标的文件。用户还可以通过文件探索器直接将零件文件拖动到 SolidWorks 的图形区中。

（2）查看调色板

视图调色板可快速插入一个或多个预定义的视图到工程图中，包含所选模型的标准视图、注解视图、剖面视图和平板型式（钣金零件）图像。用户可以将视图拖到工程图纸中生成工程视图。【查看调色板】面板如图 1-16 所示。



图 1-15 【文件探索器】面板

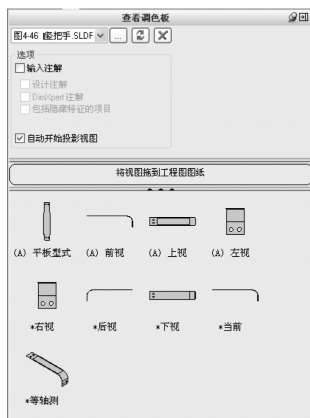


图 1-16 【查看调色板】面板

技巧点拨	只有在创建工程图文件后，才可使用【查看调色板】面板来查看模型的视图。

（3）外观、布景和贴图

【外观、布景和贴图】面板用于设置模型的外观颜色、材质纹理及界面背景，如图 1-17 所示。通过该面板，可以将外观拖动至特征管理器的特征上，或直接拖动至图形区的模型中，从而渲染零件、面、单个特征等元素。

（4）自定义属性

使用任务窗格中的【自定义属性】面板可以查看并将自定义及配置特定的属性输入到 SolidWorks 文件中。

在装配体中，可以将这些属性同时分配给多个零件。如果选择装配体的某个轻化零部件，还可以在任务窗格中查看该零部件的自定义属性，而不将零部件还原。如果编辑值，则会提示将零部件还原，这样可以保存更改。

初始使用自定义属性时，【自定义属性】面板中没有要定义的属性页面，此时可单击面板中的【现在生成】按钮 现在生成... ，启动【属性标签编制程序】窗口，如图 1-18 所示。

技巧点拨	要设置自定义的属性类型，在窗口左侧双击属性类型，然后在【自定义属性】栏再双击该类型，即可在窗口右侧弹出的文本框中输入要定义的属性文本。



图 1-17 【外观、布景和贴图】面板



图 1-18 【属性标签编制程序】窗口

1.2 利用键鼠功能操控视图

鼠标和键盘按键在 SolidWorks 软件中的应用频率非常高，可以实现平移、缩放、旋转、绘制几何图素以及创建特征等操作。



1.2.1 利用键鼠快捷键操控视图

基于 SolidWorks 系统的特点，建议读者使用三键滚轮鼠标，在设计时可以有效提高设计效率。表 1-1 中列出了三键滚轮鼠标的使用方法。

表 1-1 三键滚轮鼠标的使用方法

鼠标按键	作 用	操作说明
左键	用于选择命令、按钮和绘制几何图元等	单击或双击鼠标左键，可执行不同的操作
中键（滚轮）	放大或缩小视图（相当于）	按住【Shift】+中键并上下移动光标，可以放大或缩小视图；直接滚动滚轮，也可放大或缩小视图
	平移（相当于）	按住【Ctrl】+中键并移动光标，可将模型按鼠标移动的方向平移
	旋转（相当于）	按住中键不放并移动光标，即可旋转模型
右键	按住右键不放，可以通过【指南】在零件或装配体模式中设置上视、下视、左视和右视 4 个基本定向视图	
	按住右键不放，可以通过【指南】在工程图模式中设置 8 个工程图指导	



1.2.2 利用鼠标笔势操控视图

可以使用鼠标笔势作为执行命令的快捷键，类似于键盘快捷键。按文件模式的不同，按下鼠标右键并拖动可弹出不同的鼠标笔势。

在零件装配体模式中，利用右键拖动鼠标时，会弹出如图 1-19 所示包含有 4 种定向视图的笔势指南。当光标移动至一个方向的命令映射时，指南会高亮显示即将选取的命令。

图 1-20 为在工程图模式中，按鼠标右键并拖动时弹出的包含有 4 种工程图命令的笔势指南。

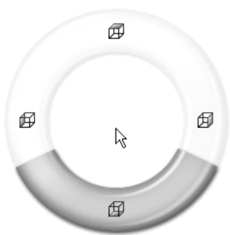


图 1-19　零件或装配体模式的笔势指南

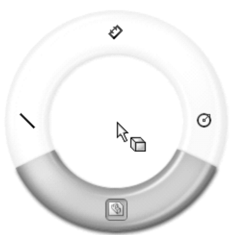


图 1-20　工程图模式下的笔势指南



用户还可以为笔势指南添加其余笔势。通过执行自定义命令，在【自定义】对话框的【鼠标笔势】标签中单击【8 笔势】单选按钮即可，如图 1-21 所示。



图 1-21　设置鼠标笔势

将默认的 4 笔势设置为 8 笔势后，在零件模式视图或工程图视图中按下右键并拖动鼠标，即会弹出如图 1-22 所示的 8 笔势指南。



零件或装配体模式



工程图模式

图 1-22　8 笔势指南

技巧点拨	如果要取消使用鼠标笔势，在鼠标笔势指南中释放鼠标即可，或者选择一个笔势，鼠标笔势指南自动消失。

上机操作——利用鼠标笔势绘制草图

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch01 \ 利用鼠标笔势绘制草图 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch01 \ 利用鼠标笔势绘制草图 . avi

这里介绍如何利用鼠标笔势功能辅助作图。本次任务是绘制如图 1-23 所示的零件草图。

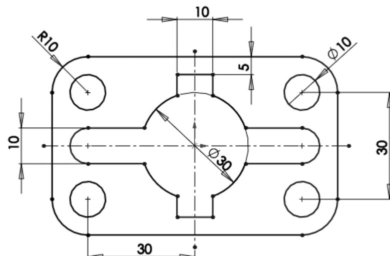


图 1-23　草图

01 新建零件文件，接着定义鼠标笔势。

- 在菜单栏中执行【工具】|【自定义】命令，打开【自定义】对话框。
- 在【鼠标笔势】标签下选择【12 个笔势】选项，如图 1-24 所示。设置完成后关闭【自定义】对话框。

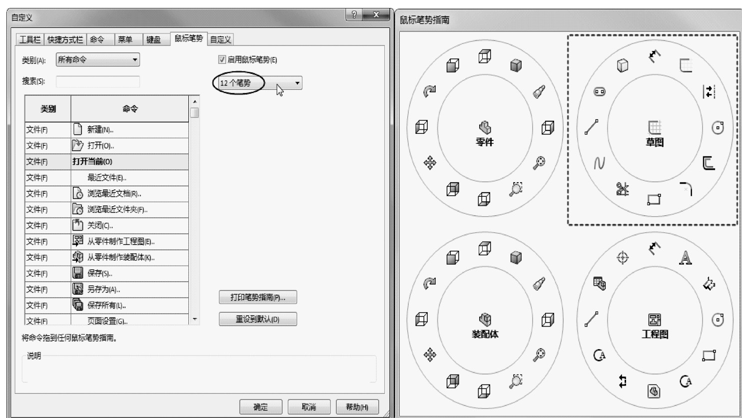


图 1-24　设置鼠标笔势

02 在功能区【草图】选项卡中单击【草图绘制】按钮，选择上视基准平面作为草图平面，并进入到草图模式中，如图 1-25 所示。

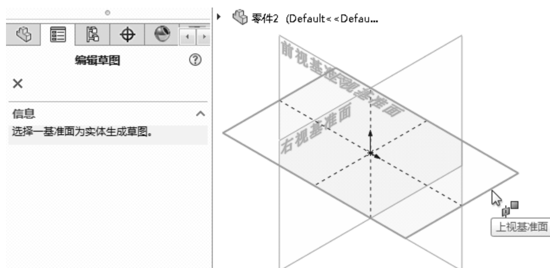


图 1-25　指定草图平面

03　绘制圆及中心线。

- 在图形区按住右键轻轻滑动，显示鼠标笔势并滑至【圆】笔势，如图 1-26 所示。
- 然后绘制直径为∅30 的圆，如图 1-27 所示。
- 显示鼠标笔势并滑动至【直线】笔势位置，再绘制草图的定位中心线，如图 1-28 所示。

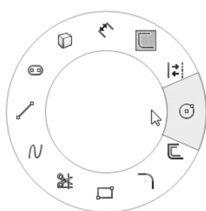


图 1-26　运用鼠标笔势

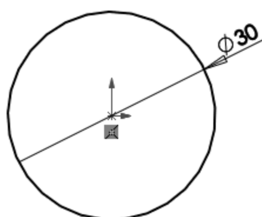


图 1-27　绘制直线

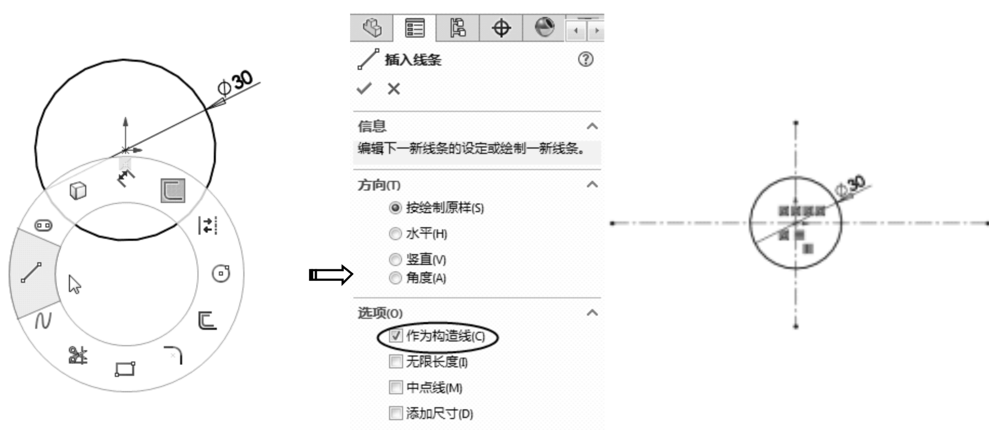


图 1-28　运用【直线】笔势绘制中心线

04　单击【中心矩形】按钮 中心矩形，然后以原点为中心，绘制如图 1-29 所示的矩形。

05　运用【绘制圆角】鼠标笔势，在矩形的四个边角上绘制半径为 10mm 的圆角曲线，如图 1-30 所示。

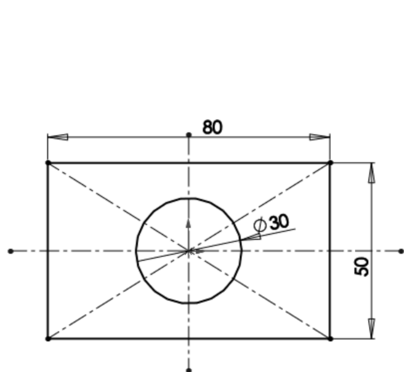


图 1-29　绘制中心矩形

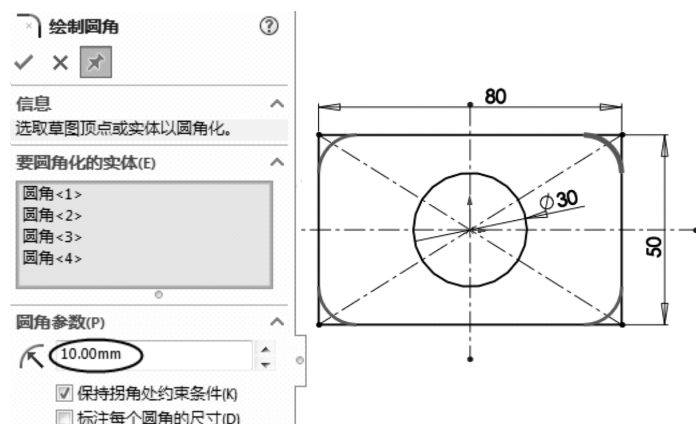


图 1-30　绘制圆角

06 运用【圆】鼠标笔势，分别在四个圆角的圆心上绘制 4 个∅10 同心圆，如图 1-31所示。

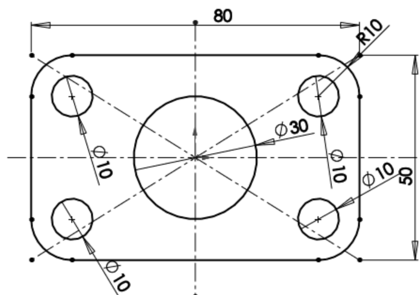


图 1-31 绘制 4 个∅10 同心圆

07 执行【中心矩形】命令，绘制 2 个中心矩形，如图 1-32 所示。

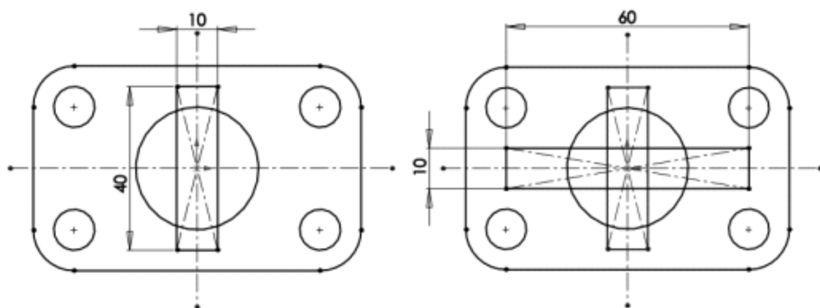


图 1-32 绘制 2 个中心矩形

08 运用【圆】笔势，分别在 60×10 矩形的水平两端绘制直径为 10mm 的圆，如图 1-33 所示。

09 最后运用【剪裁实体】鼠标笔势，修剪多余曲线，修剪结果如图 1-34 所示。

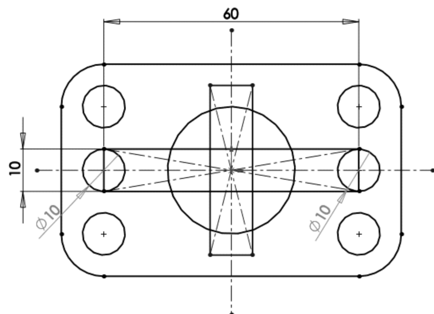


图 1-33 绘制圆

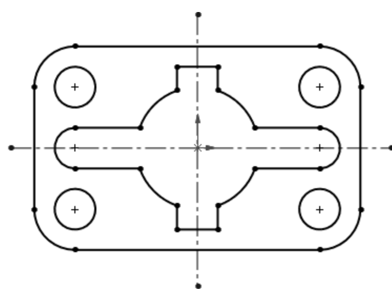


图 1-34 修剪多余曲线

 1.2.3 利用图形区域操控模型

设计者可以在图形区域中利用三重轴、控标、Instant 3D 等工具操纵模型，实现轻松改变模型的目的。

1. 使用三重轴

在 SolidWorks 中，三重轴便于操纵各个对象，例如 3D 草图、零件、某些特征以及装配

体中的零部件。三重轴可用于模型的控制和属性的修改。

（1）三重轴

三重轴包括环、中心球、轴和侧翼等元素。在零件模式下显示的三重轴如图 1-35 所示。

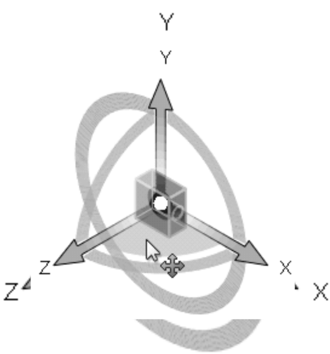


图 1-35　三重轴

要使用三重轴，需采用下列方法。

● 在装配体中，右键单击可移动零部件并选择【以三重轴移动】菜单命令。

● 在装配体爆炸图编辑过程中，选择要移动的零部件。

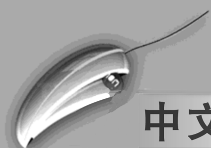
● 在零件模式下，在属性管理器的【移动/复制实体】面板中单击【平移/旋转】按钮。

● 在 3D 草图中，右键单击实体并选择【显示草图程序三重轴】命令。

表 1-2 中列出了三重轴的操作方法。

表 1-2　三重轴的操作方法

三 重 轴	操 作 方 法	图　　解
环	拖动环可以绕环的轴旋转对象	
中心球	拖动中心球可以自由移动对象	
	按住【Alt】键并拖动中心球可以自由地拖动三重轴但不移动对象	
轴	拖动轴可以朝 X、Y 或 Z 方向自由地平移对象	
侧翼	拖动侧翼可以沿侧翼的基准面拖动对象	



技巧点拨	如果要精确移动三重轴，则右键单击三重环并选择【移动到选择】命令，然后选择一个精确位置即可。

（2）参考三重轴

参考三重轴出现在零件和装配体文件中，以帮助用户在查看模型时导向。用户也可将其用来更改视图方向。

参考三重轴默认情况下在图形区的左下角。在菜单栏中执行【工具】|【选项】命令，在弹出的【系统选项】对话框中选择【显示/选择】选项，然后勾选或取消勾选【显示参考三重轴】复选框，即可打开或关闭参考三重轴的显示。

表 1-3 中列出了参考三重轴的操作方法。

表 1-3　参考三重轴的操作方法

操　　作	操 作 结 果	图　　解
选择一个轴	查看相对于屏幕的正视图	
选择垂直于屏幕的轴	将视图方向旋转 90 度	
按住【Shift】+选择轴	绕该轴旋转 90 度	
按住【Shift】+【Ctrl】+选择轴	反方向绕该轴旋转 90 度	

2. 控标

控标允许用户在不退出图形区域的情况下，动态单击、移动和设置某些参数。拖动控标跨越拉伸的总长度，控标表达了可以拉伸的方向。

在创建拉伸特征时，默认情况下只显示一个箭头的控标，但在属性管理器中设置第 2 个方向后，将会显示两个箭头的控标，如图 1-36 所示。

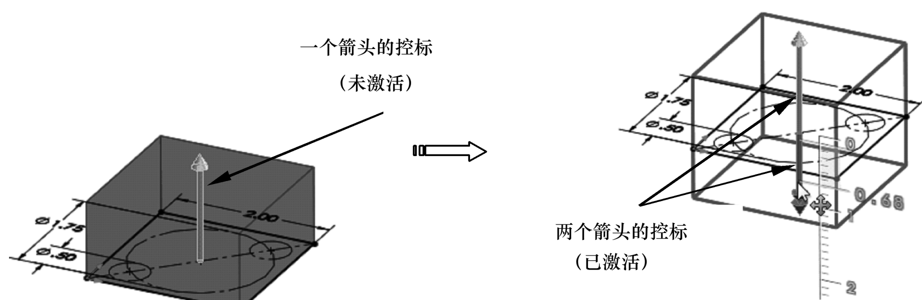


图 1-36　控标

技巧点拨	当用户拖动控标创建拉伸特征时，所能创建的单方向的特征厚度最小值为 0.0001，最大厚度为 1000000。

3. 使用 Instant 3D 编辑特征

可以使用 Instant 3D 功能来选择草图轮廓或实体边并拖动尺寸操纵杆以生成和修改特征。首先在【特征】选项卡单击【Instant 3D】按钮开启 Instant 3D 功能。

（1）拖动控标指针生成特征

在特征上选择一边线或面，随后显示拖动控标。选择边线与面所显示的控标有所不同。若选择边线，将显示双箭头的控标，表示可以从 4 个方向拖动；若选择面，则会显示一个箭头的控标，这意味着只能从 2 个方向拖动，如图 1-37 所示。

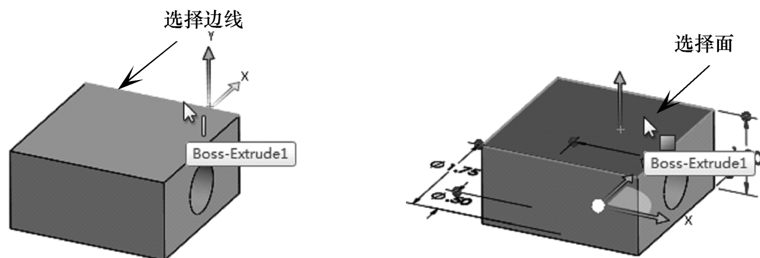


图 1-37　选择不同对象所显示的控标

若是双箭头的控标，可以任意拖动而不受特征厚度的限制，如图 1-38 所示。在拖动过程中，尺寸操纵杆上黄色显示的距离段为拖动距离。

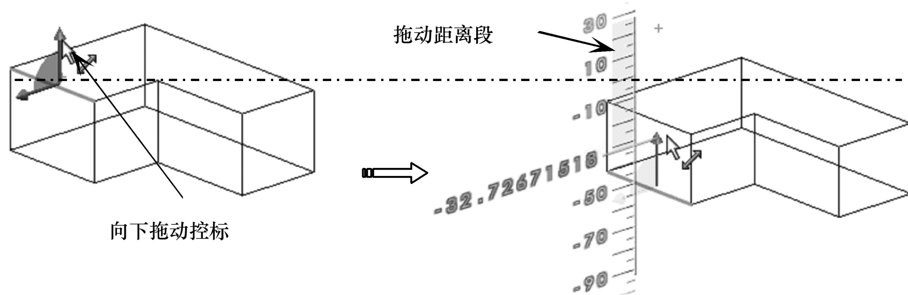


图 1-38　不受厚度限制的拖动控标

若是单箭头的控标，则在拖动面时要受厚度的限制，拖动后生成的新特征不得低于5mm，如图1-39所示。

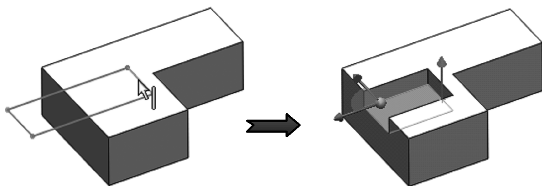


图1-39　受厚度限制的拖动控标

技巧点拨	当选择的边为竖直方向的边时，拖动控标可创建拔模特征，即绕另一侧的实体边旋转。

（2）拖动草图至现有几何体生成特征

将草图轮廓拖至现有几何体时，草图轮廓拓扑和用户选择轮廓的位置将决定所生成的特征的默认类型。表1-4列出了草图曲线与现有几何体的位置关系以及拖动控标所生成的默认特征类型。

表1-4　草图曲线与现有几何体的位置关系及生成的默认特征

选择原则	生成的默认特征	图解
选择全在面上的草图曲线	切除拉伸	
选择在面外的草图曲线	凸台拉伸	
草图曲线一半接触面，选择接触面的区域	切除拉伸	
草图曲线一半接触面，选择不接触面的区域	凸台拉伸	

（3）拖动控标创建对称特征

用户可以选择草图轮廓，拖动控标并按住【M】键，创建出具有对称性的新特征，如图 1-40 所示。

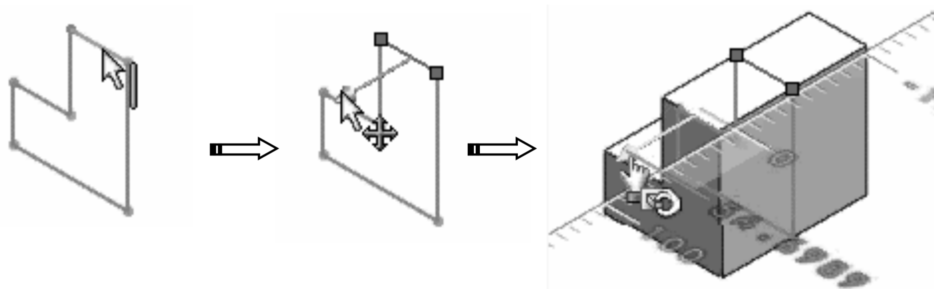
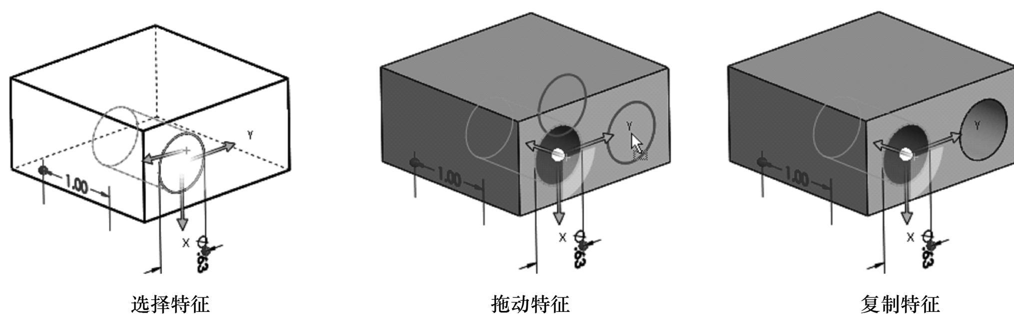


图 1-40　拖动控标创建对称特征

（4）修改特征

用户可以拖动控标来修改面和边线。使用三重轴中心球可以将整个特征拖动或复制（复制特征需按住【Ctrl】键）到其他面上，如图 1-41 所示。

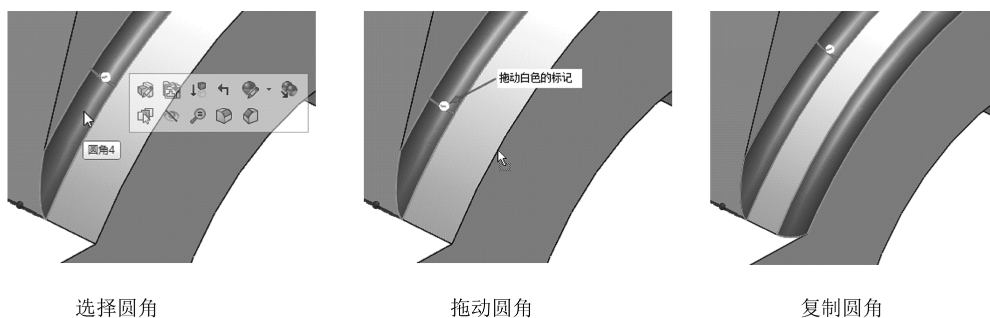


选择特征　　拖动特征　　复制特征

图 1-41　复制特征

按住【Ctrl】键，同时拖动圆角，可以将其复制到模型的另一条边线上，如图 1-42 所示。

技巧点拨	如果某实体不可拖动，该控标即会变为黑色，或在尝试拖动实体时出现⊘图标。此时，特征将不被支持或受到限制。



选择圆角　　拖动圆角　　复制圆角

图 1-42　复制圆角

4. Instant 3D 标尺

在拖动控标生成或修改特征时，会显示 Instant 3D 标尺。使用屏幕上的标尺可精确测量特征的修改。

Instant 3D 标尺包括直标尺和角度标尺。一般拖动控标并平移将显示直标尺，如图 1-43 所示；在使用三重轴环旋转活动剖面时将显示角度标尺，如图 1-44 所示。

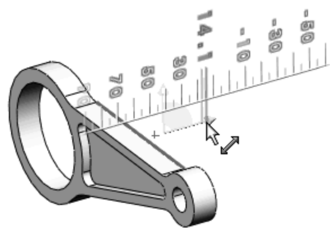


图 1-43 直标尺

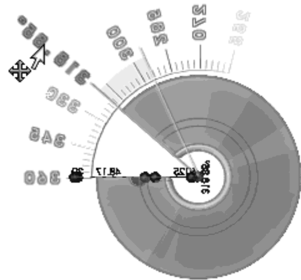


图 1-44 角度标尺

在装配体中，单击快捷菜单中的【以三重轴移动】时，标尺会以三重轴显示，以便将零部件移至定义的位置，如图 1-45 所示。

当指针远离标尺时，可以自由拖动尺寸，在标尺上移动指针可捕捉到标尺增量，如图 1-46所示。

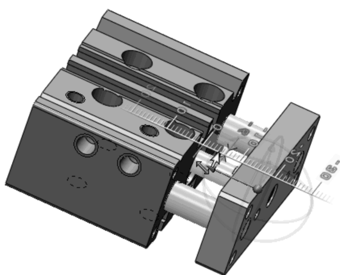


图 1-45 装配体中的标尺

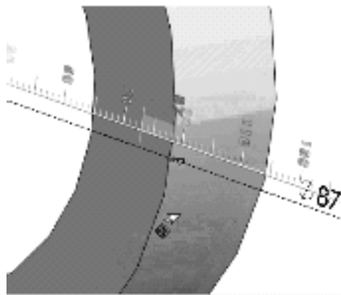


图 1-46 自由拖动尺寸

上机操作——使用 Instant 3D 修改零件

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch01 \ 使用 Instant 3D 修改零件 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch01 \ 使用 Instant 3D 修改零件 . avi

使用 Instant 3D 功能拖动几何体和尺寸操纵杆，可以生成和修改模型，帮助用户完成快速建模过程。在实际设计过程中，设计人员常常使用此功能来快速建模。

本例练习模型（一个实体与一个草图）和 Instant 3D 操作完成的结果如图 1-47 所示。

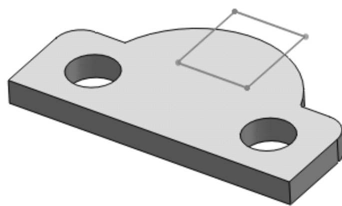


图 1-47 练习模型

01 打开本例文件“零件 . sldprt”。

02 在【特征】选项卡中单击【Instant 3D】按钮，

然后在图形区选择实体的表面作为修改面。修改面上即出现控标，实体模型中显示标注的草图尺寸，如图 1-48 所示。

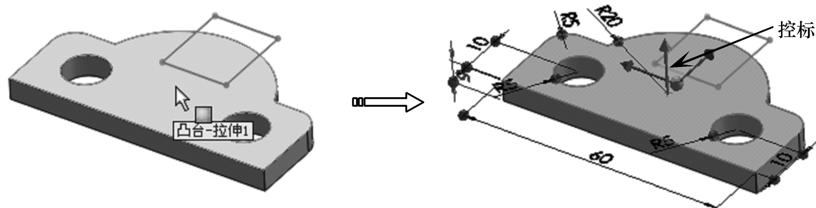


图 1-48　选择修改面

03　拖动 Z 方向上的控标，至一定位置后释放鼠标，实体将随之而更新，如图 1-49 所示。在图形区空白位置单击，完成修改操作。

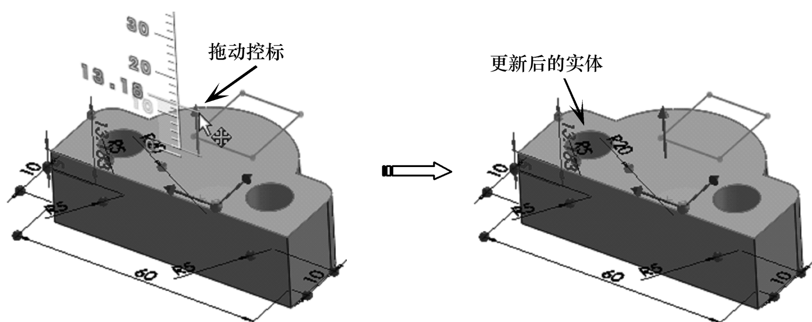


图 1-49　拖动控标修改实体

技巧点拨

显示控标后，模型中被标注的草图是不能被修改的。当选择被尺寸约束的面、边线或中心球时，控标将灰显。同时，指针显示警示符号⃠，并显示警告信息，如图 1-50 所示。

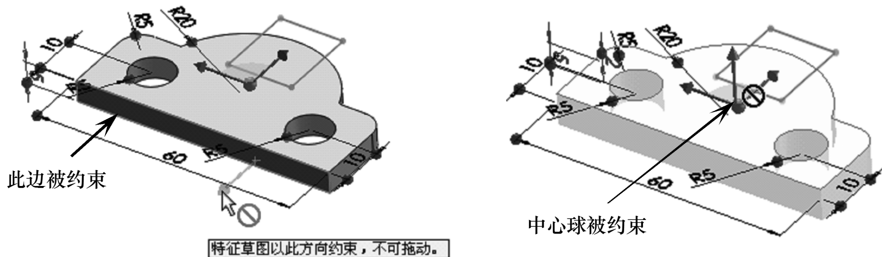
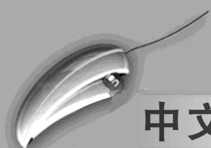


图 1-50　不能修改被约束的边、面及中心球

04　在激活的 Instant 3D 状态下，选择实体模型中的一个圆形孔面，随后显示 2 个控标。一个是控制整个模型的控标，另一个是控制孔的控标，如图 1-51 所示。

05　该孔被直径尺寸约束，但定位位置未被尺寸约束，因此可以更改孔特征在模型中的位置。拖动孔控标至模型外，生成孔实体，模型中孔特征被移除，如图 1-52 所示。



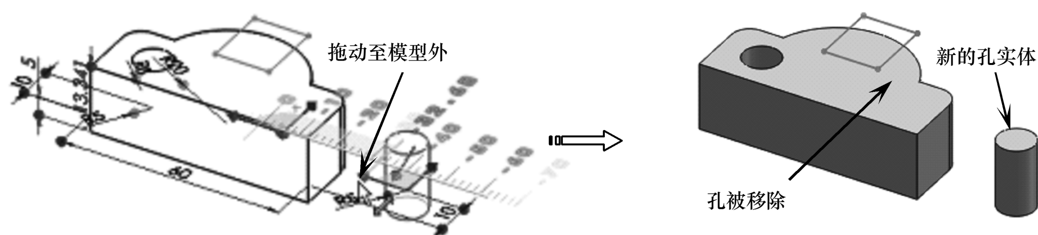


图 1-51　选择修改面并显示控标

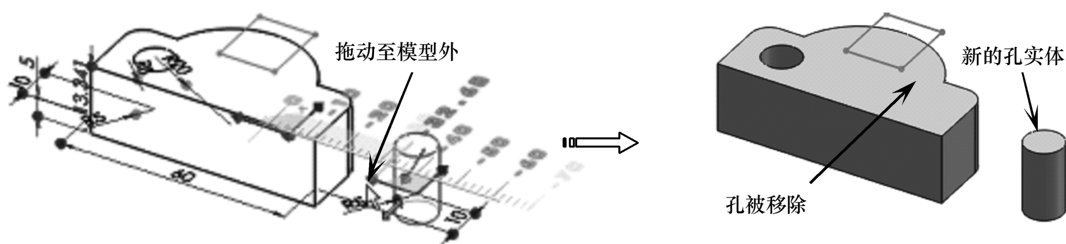
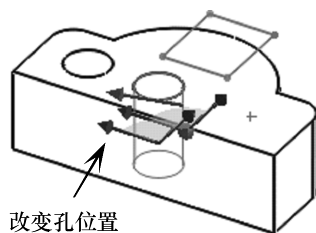


图 1-52　拖动控标以生成新的特征

技巧点拨	若拖动孔控标始终在模型内，最后的结果是孔特征被移动到新的位置，如图 1-53所示。  图 1-53　在模型内拖动控标

06 选择另一个孔面，并显示孔控标和模型控标，如图 1-54 所示。

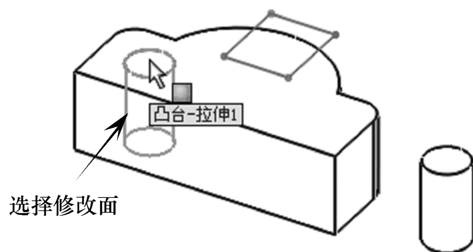


图 1-54　选择另一个孔面以修改

07 拖动模型控标，弹出【删除确认】对话框，如图 1-55 所示。

08 单击该对话框中的【删除】按钮，即可删除模型的定位几何约束。删除后才可以修改模型。

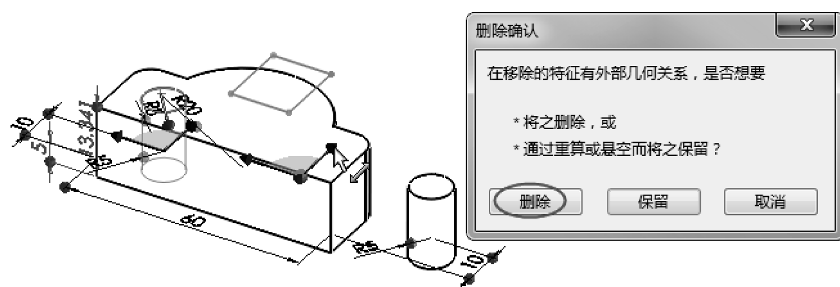


图 1-55　拖动模型控标弹出【删除确认】对话框

技巧点拨	由于模型的边界已被尺寸约束，因此拖动控标将不能修改模型尺寸，只能平移模型。

09 向 Y 方向拖动模型控标，模型随之而移动，如图 1-56 所示。

10 在图形区中选择草图曲线作为特征修改对象（选择时要注意指针位置），如图 1-57 所示。

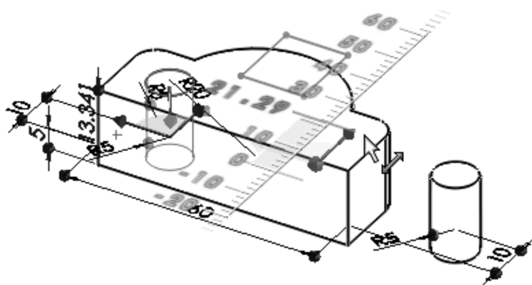


图 1-56　拖动模型控标平移模型

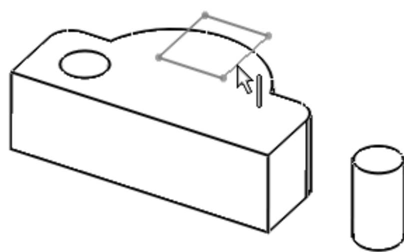


图 1-57　选择草图曲线作为修改对象

11 模型中出现控标，向 Z 方向拖动控标，模型中显示新特征的预览，如图 1-58 所示。

12 释放鼠标并在空白区域单击，完成新特征的创建，如图 1-59 所示。

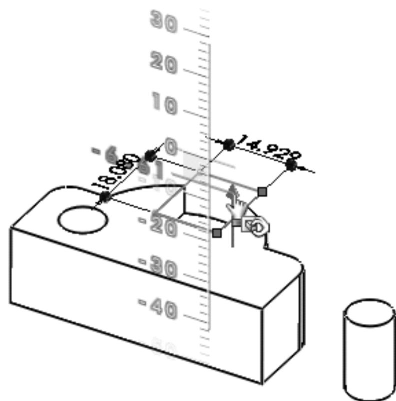


图 1-58　拖动控标

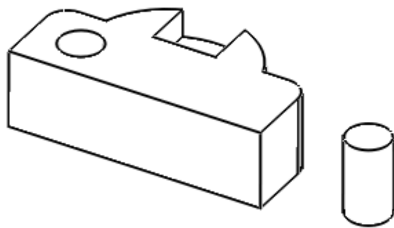
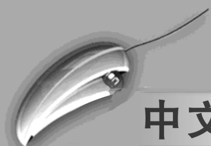


图 1-59　生成新特征

13 最后单击【标准】选项卡中的【保存】按钮，保存本例操作的结果文件。



1.3 创建参考几何体

在 SolidWorks 中，参考几何体可定义曲面或实体的形状或组成。常见的参考几何体包括基准面、基准轴、坐标系和点。下面一一介绍。



1.3.1 基准面

基准面是用于草绘曲线、创建特征的参照平面。SolidWorks 向用户提供了 3 个基准面：前视基准面、右视基准面和上视基准面，如图 1-60 所示。

除了使用 SolidWorks 程序提供的 3 个基准面来绘制草图外，还可以在零件或装配体文档中生成基准面，图 1-61 为以零件表面为参考创建的新基准面。

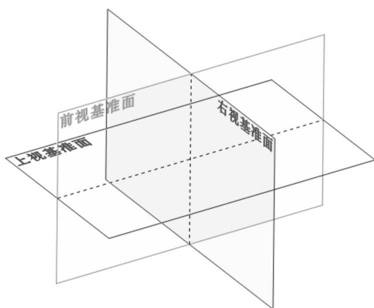


图 1-60 SolidWorks 的 3 个基准面

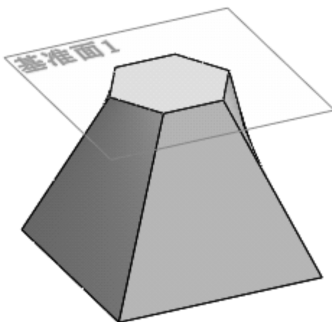


图 1-61 以零件表面为参考创建的基准面

技巧点拨

一般情况下，程序提供的 3 个基准面为隐藏状态。要想显示基准面，则在右键菜单中单击【显示】按钮即可，如图 1-62 所示。

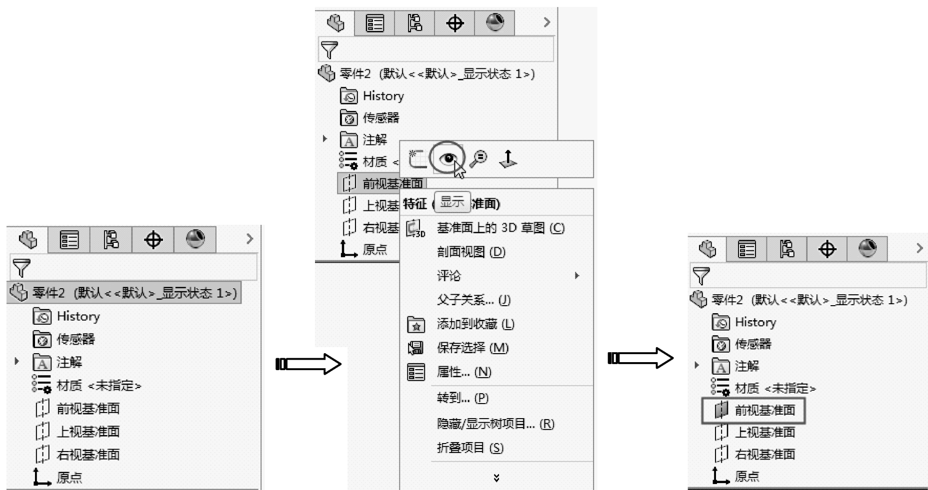


图 1-62 显示或隐藏基准面

在【特征】命令功能区的【参考几何体】下拉命令菜单中选择【基准面】命令，在设计树的【属性管理器】选项卡中显示【基准面】属性面板，如图 1-63 所示。

当选择的参考为平面时，【第一参考】选项区将显示如图 1-64 所示的约束选项。当选择的参考为实体圆弧表面时，【第一参考】选项区将显示如图 1-65 所示的约束选项。



图 1-63　【基准面】属性面板



图 1-64　平面参考的约束选项



图 1-65　圆弧参考的约束选项



1.3.2　基准轴

通常在创建几何体或创建阵列特征时会使用基准轴。用户创建旋转特征或孔特征后，程序会自动在其中心显示临时轴，如图 1-66 所示。在菜单栏中执行【视图】｜【临时轴】命令，或者在前导功能区的【隐藏/显示项目】下拉菜单中单击【观阅临时轴】按钮，可以即时显示或隐藏临时轴。

用户还可以创建参考轴（也称构造轴）。在【特征】命令选项卡的【参考几何体】下拉命令菜单中单击【基准轴】命令，在【属性管理器】选项卡中显示【基准轴】属性面板，如图 1-67 所示。

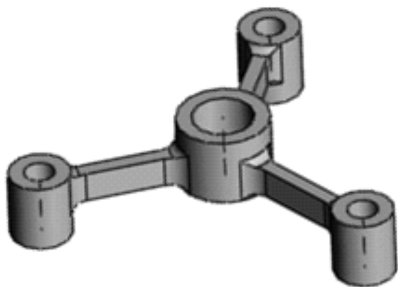


图 1-66　显示或隐藏临时轴



图 1-67　【基准轴】属性面板



1.3.3 坐标系

在 SolidWorks 中，坐标系用于确定模型在视图中的位置，以及定义实体的坐标参数。在【特征】选项卡的【参考几何体】下拉命令菜单中选择【坐标系】命令，在设计树的【属性管理器】选项卡中显示【坐标系】属性面板，如图 1-68 所示。默认情况下，坐标系是建立在原点的，如图 1-69 所示。



图 1-68 【坐标系】属性面板

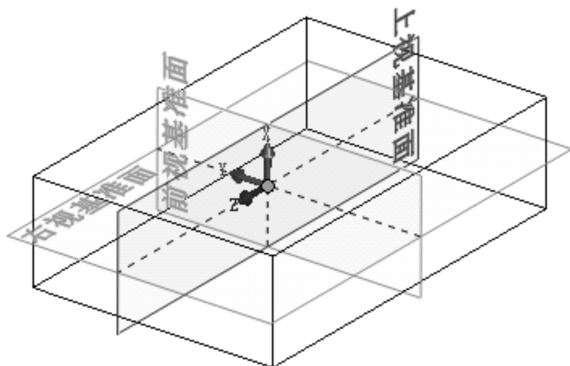
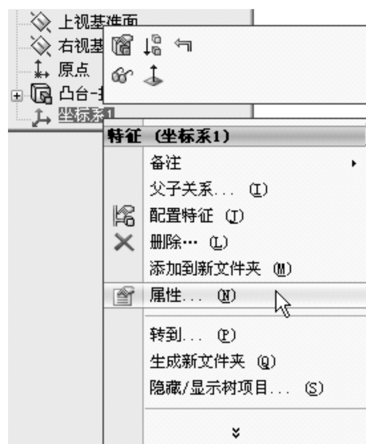


图 1-69 在原点处默认建立的坐标系

若用户要定义零件或装配体的坐标系，可以采用以下方法选择参考。

- 选择实体中的一个点（边线中点或顶点）。
- 选择一个点，再选择实体边或草图曲线以指定坐标轴方向。
- 选择一个点，再选择基准面以指定坐标轴方向。
- 选择一个点，再选择非线性边线或草图实体以指定坐标轴方向。
- 当生成新的坐标系时，最好起一个有意义的名称以说明它的用途。打开特征管理器设计树，在坐标系图标位置选择右键菜单中【属性】命令，在弹出的【属性】对话框中输入新的名称，如图 1-70 所示。



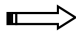




图 1-70 更改坐标系名称以说明用途



1.3.4 点

SolidWorks 参考点可以用作构造对象，例如用作直线起点、标注参考位置、测量参考位置等。

用户可以通过多种方法创建点。在【特征】选项卡的【参考几何体】下拉命令菜单中选择【点】命令，在设计树的【属性管理器】选项卡中将显示【点】属性面板，如图 1-71 所示。

【点】属性面板中各选项含义如下。

- 参考实体：显示用来生成参考点的所选参考。
- 圆弧中心：在所选圆弧或圆的中心生成参考点。
- 面中心：在所选面的中心生成一个参考点。这里可选择平面或非平面。
- 交叉点：在两个所选实体的交点处生成一个参考点。可选择边线、曲线及草图线段。
- 投影：生成一个从一实体投影到另一实体的参考点。
- 沿曲线距离或多个参考点：沿边线、曲线或草图线段生成一组参考点。此方法包括【距离】【百分比】和【均匀分布】。其中，【距离】是指按用户设定的距离生成参考点数；【百分比】是指按用户设定的百分比生成参考点数；【均匀分布】是指在实体上均匀分布的参考点数。



图 1-71 【点】属性面板

1.4 入门案例——阀体零件设计

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch01 \ 阀体零件 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch01 \ 阀体零件设计 . avi

在 SolidWorks 2018 软件功能的全面学习之前，利用部分草图、实体功能创建一个机械零件模型，让大家对 SolidWorks 2018 的建模思想有个初步理解。

图 1-72 为阀体零件设计的结果。

01 新建零件文件，进入零件设计环境。

02 在【特征】选项卡中单击【拉伸凸台/基体】按钮，选择上视基准面作为草绘平面，并绘制出阀体底座的截面草图，如图 1-73 所示。

03 退出草图模式后，以默认拉伸方向创建出深度为【12】的底座特征，如图 1-74 所示。

04 使用【拉伸凸台/基体】工具，选择底座上表面作为草绘平面，并创建出拉伸深度为【56】的阀体支承部分特征，如图 1-75 所示。

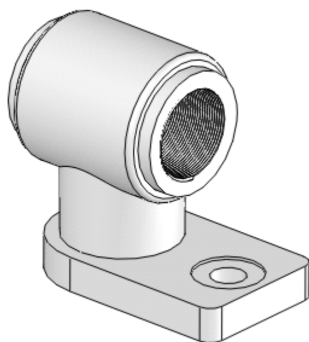
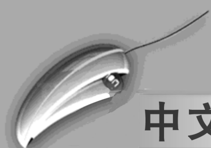


图 1-72 阀体零件



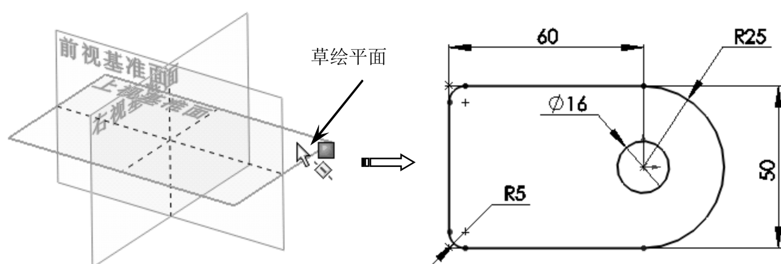


图 1-73　绘制阀体底座草图

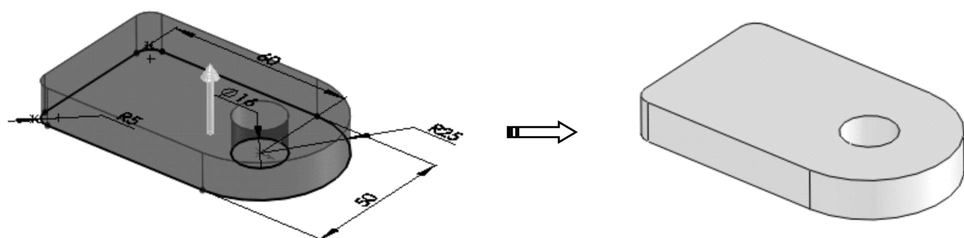


图 1-74　创建底座

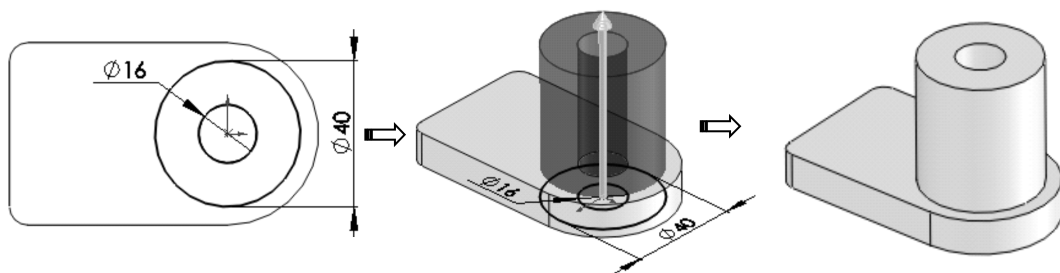


图 1-75　创建阀体支承部分

05 使用【拉伸凸台/基体】工具，选择右视基准面作为草绘平面，并绘制出草图曲线，如图 1-76 所示。退出草图模式后在【拉伸】面板中重新选择轮廓，如图 1-77 所示。

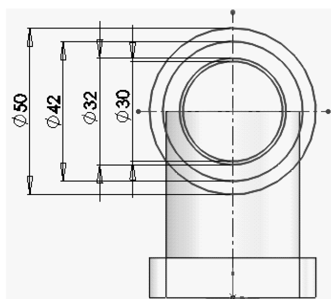


图 1-76　绘制草图

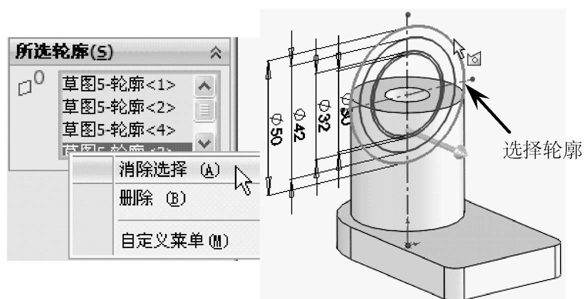


图 1-77　重新选择轮廓

06 在【拉伸】面板中选择终止条件为【两侧对称】，并输入深度为50，创建完成的第1个拉伸特征如图1-78所示。

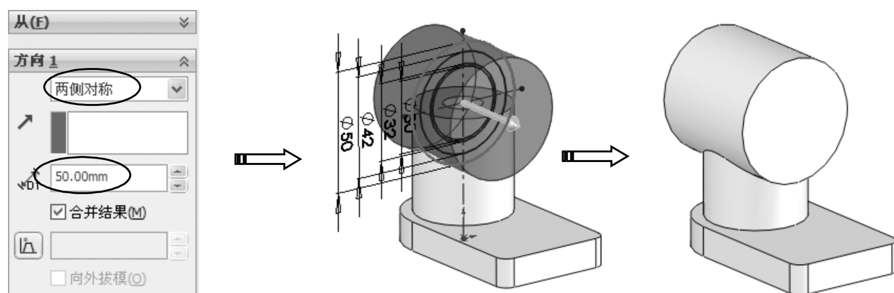


图1-78　创建第1个拉伸特征

技巧点拨	重新选择轮廓后，余下的轮廓将作为后续设计拉伸特征的轮廓。

07 在特征管理器设计树中将第1个拉伸特征的草图设为【显示】，图形区中显示草图，如图1-79所示。

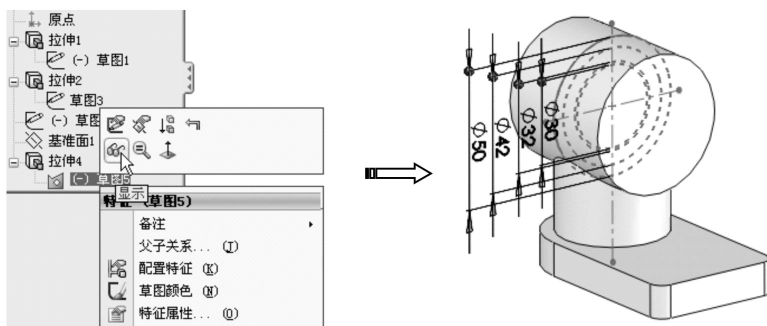


图1-79　显示草图

08 使用【拉伸凸台/基体】工具，选择草图中直径为【42】的圆作为轮廓，然后创建出两侧对称、拉伸深度为【60】的第2个拉伸特征，如图1-80所示。

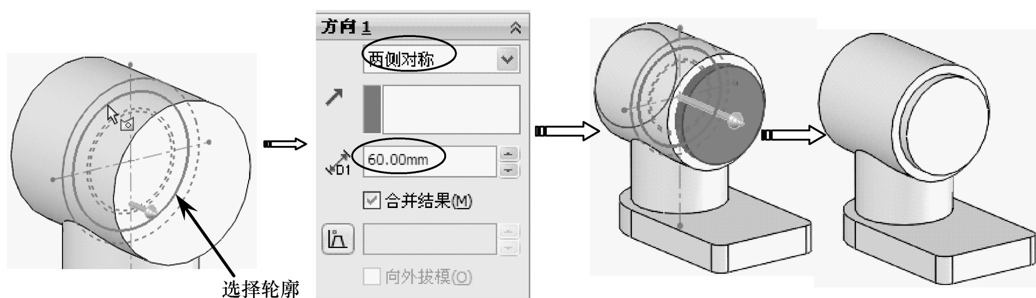


图1-80　创建第2个拉伸特征

09 单击【拉伸切除】按钮，选择草图中直径为【30】的圆作为轮廓，然后创建出两侧对称、拉伸深度为【60】的第1个拉伸切除特征，如图1-81所示。

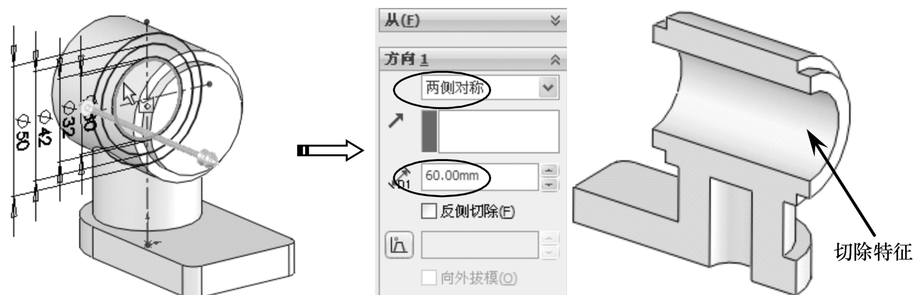


图1-81　创建第1个拉伸切除特征

10 使用【拉伸切除】工具，选择草图中直径为【30】的圆作为轮廓，然后创建出两侧对称、拉伸深度为【16】的第2个拉伸切除特征，如图1-82所示。

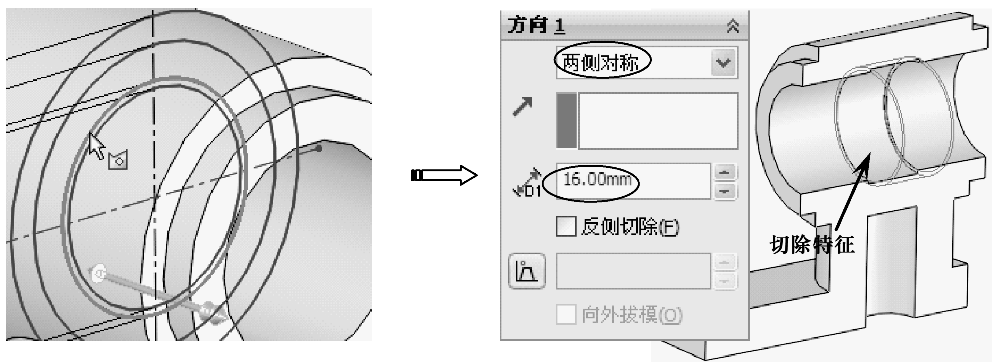


图1-82　创建第2个拉伸切除特征

11 单击【圆角】按钮，选择阀体工作部分（前面创建的2个拉伸加特征和2个减特征）的边线，创建出圆角半径为【2】的圆角特征，如图1-83所示。

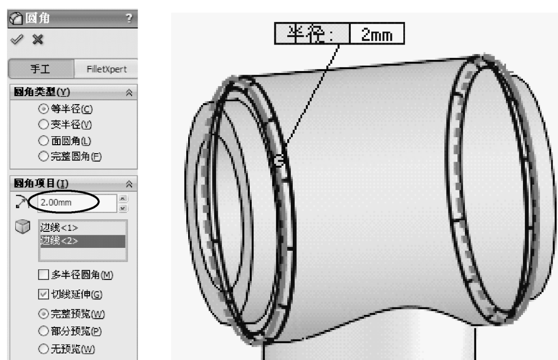


图1-83　创建圆角特征

12 在菜单栏中执行【插入】|【曲线】|【螺旋线/涡状线】命令，弹出【螺旋线/涡状线】属性面板，然后按如图1-84所示进行设置并创建出螺旋线。

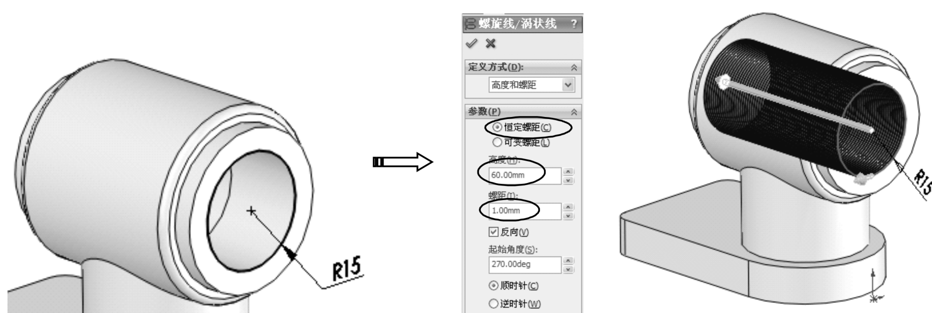


图 1-84　创建螺旋线

技巧点拨	要创建扫描切除特征，必须先绘制扫描轮廓及创建扫描路径。

13　在【草图】选项卡中单击【草图绘制】按钮，选择前视基准面作为草绘平面，在螺旋线起点绘制如图 1-85 所示的草图。

14　单击【扫描切除】按钮，选择上步骤绘制的草图作为扫描轮廓，选择螺旋线作为扫描路径，并创建出阀体工作部分的螺纹特征，如图 1-86 所示。

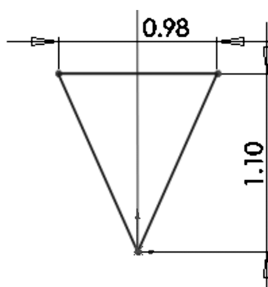


图 1-85　绘制草图

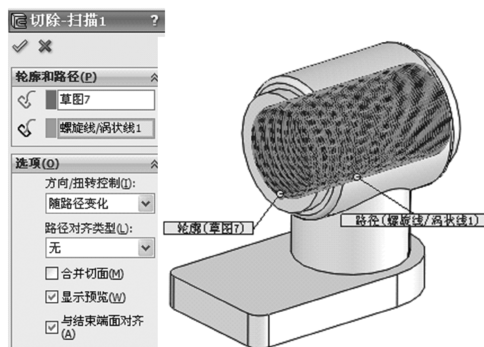


图 1-86　创建扫描切除特征

15　单击【异形孔向导】按钮，在阀体底座上创建出如图 1-87 所示的沉头孔。



图 1-87　创建阀体底座的沉头孔

16　至此，阀体零件设计完成。单击【保存】按钮保存结果。

1.5 技术解惑

1. 工具条如何调用?

为了充分利用绘图界面，可以将较少使用的工具条隐藏，根据设计的需要调用相应的工具条。

01 在选项卡空白区域单击鼠标右键，弹出快捷菜单，如图 1-88 所示。

02 根据设计的需要，在快捷菜单中选择需要的选项，在选择过程中只需使用鼠标左键单击相应的工具条选项即可，选中工具条选项后，选项前的按钮将高亮显示，如图 1-89所示。

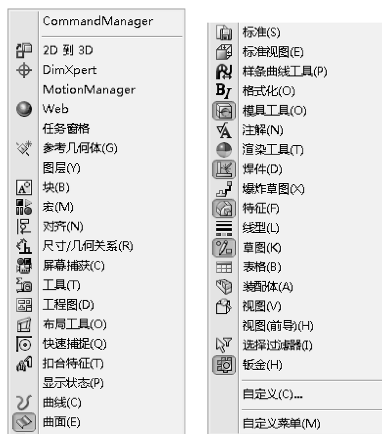


图 1-88　快捷菜单

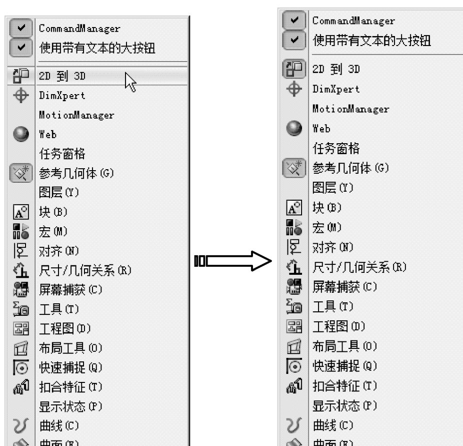


图 1-89　选择需要的选项

03 在快捷菜单中选择相应的选项后，系统将弹出与之相对应的【2D 到 3D】工具条，如图 1-90 所示。



图 1-90　系统弹出与之相对应的工具条

2. 功能区选项卡位置怎样调整?

根据设计习惯或设计需要，有时要调整整个功能区选项卡的位置，下面我们介绍如何调整选项卡的位置。

01 在功能区选项卡的标题名称上按住鼠标左键不放，移动鼠标位置，整个功能区选项卡将随之移动，如图 1-91 所示。

02 根据设计的需要，可以将功能区选项卡放在操作系统窗口中的任何地方，如果要将功能区选项卡放在 SolidWorks 软件界面的最左端、最右端或最上端，只需拖动功能区选项卡到三个相对应的标准位置即可，三个极端位置的标志如图 1-92 所示。

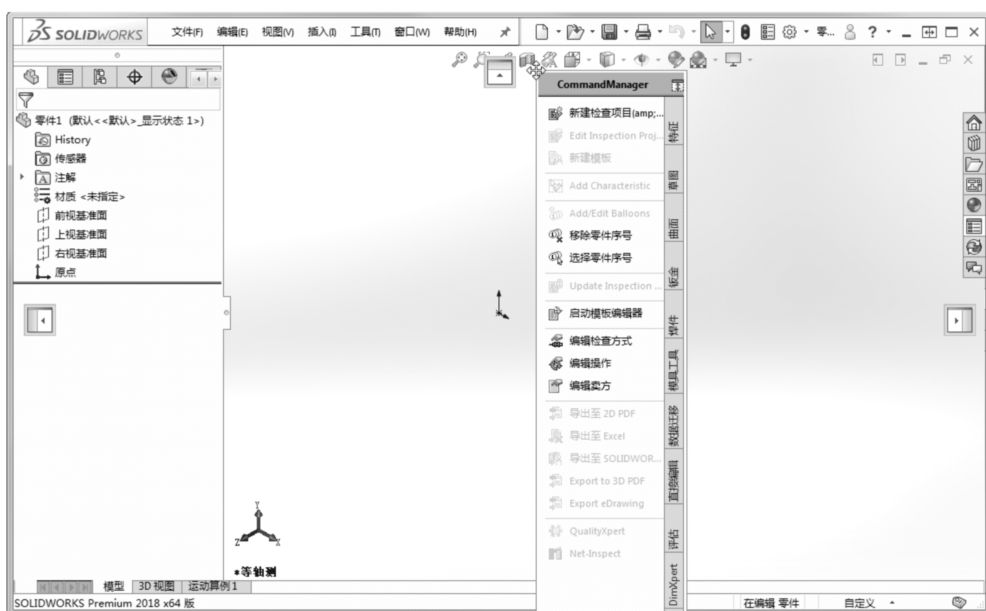


图 1-91　移动功能区选项卡

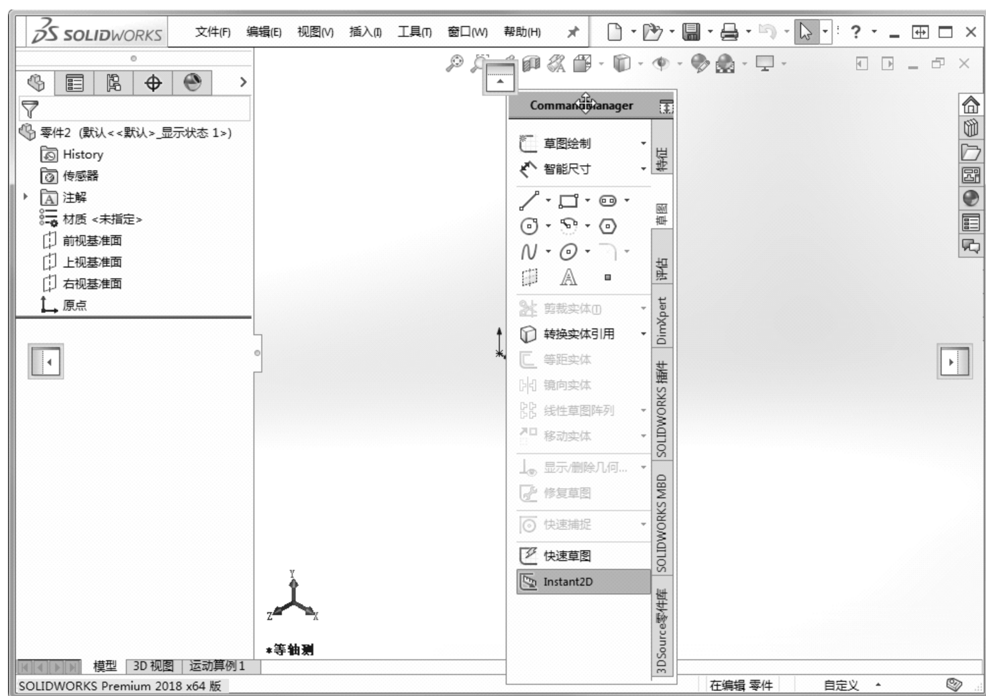
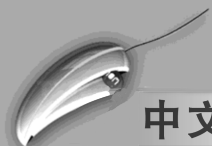


图 1-92　3 个极端位置的标志

03　拖动功能区选项卡，按住鼠标左键不放，将鼠标指针与极端位置的标志重合，然后释放鼠标左键，整个功能区选项卡将移至界面的极端位置。

04　将功能区放到界面的最左端后，效果如图 1-93 所示。



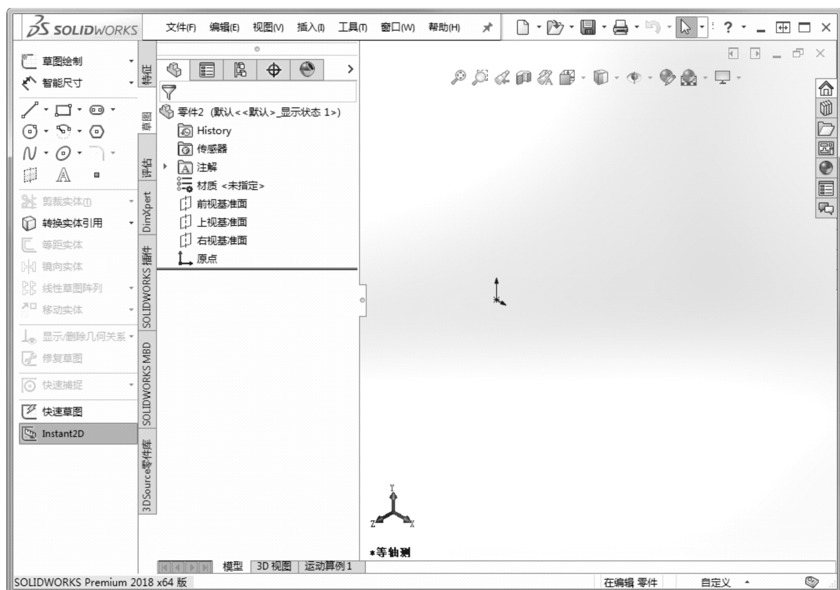


图 1-93　功能区选项卡放在界面最左端的效果

3. 命令按钮如何调用？

SolidWorks 中有很多选项卡，每个选项卡上又有许多与之相对应的命令按钮，但是在有些选项卡上无法将所有与之相对应的命令按钮显示出来。

在此将介绍如何将经常用到的命令按钮调出来，将很少用到的命令按钮从选项卡上调出去。下面以【草图】选项卡为例进行介绍，调整前和调整后的【草图】选项卡如图 1-94 所示。



调整前的【草图】选项卡



调整后的【草图】选项卡

图 1-94　【草图】选项卡调整前后的对比

技巧点拨	添加的两个命令至关重要，可以保证您在绘图时自动输入尺寸并显示尺寸约束，避免后期再进行繁琐的尺寸调整操作。

01 将鼠标指针移到【草图】选项卡中，单击鼠标右键，弹出快捷菜单，在快捷菜单中选择【自定义】命令，如图 1-95 所示。

02 弹出【自定义】对话框，在【自定义】对话框中选择【命令】选项卡，如图 1-96 所示。

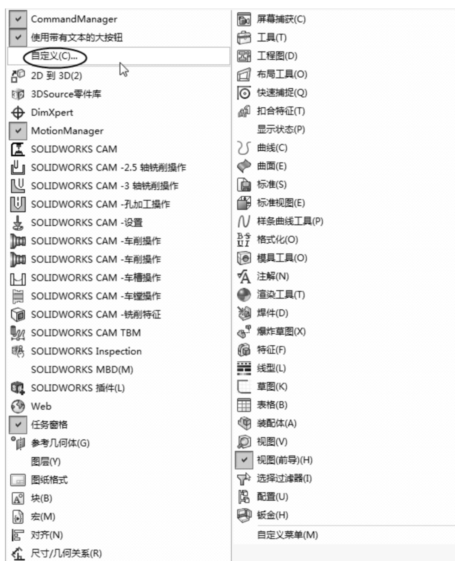


图 1-95　选择【自定义】命令



图 1-96　选择【命令】选项卡

03　在【命令】选项卡中，选中草图，【自定义】对话框右侧将显示所有草图命令按钮，如图 1-97 所示。



图 1-97　显示所有的草图命令按钮

04　在对话框右侧的【按钮】区域中，选中需要调用的【草图输入数字】命令按钮，按住鼠标左键不放，将其平移拖放在【草图】选项卡中，如图 1-98 所示。

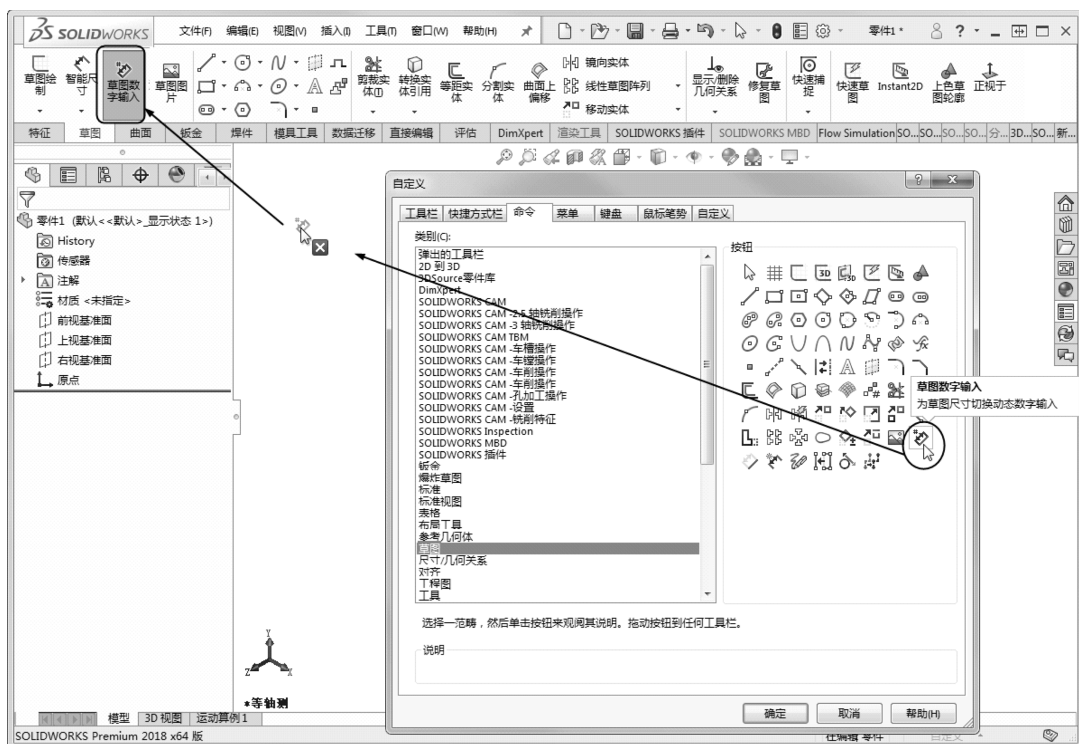


图 1-98 添加草图命令按钮

05 采用相同的方法将【添加尺寸】命令按钮，拖到【草图】选项卡中，结果如图 1-99 所示。



图 1-99 添加命令按钮后的【草图】工具条

06 设置完成后单击【自定义】对话框中的【确定】按钮，关闭对话框。

4. 如何快速切换显示窗口？

在 SolidWorks 中可以打开多个图形文档，这些图形文档在 SolidWorks 中显示的方式包括层叠、横向平铺和纵向平铺。其中横向平铺和纵向平铺可以快速激活需要的图形文档，而层叠显示方式激活需要的图形文档要麻烦一些，因为层叠显示方式只显示当前被激活的图形文档窗口。

下面将介绍如何快速切换显示窗口。

01 在 SolidWorks 中打开多个图形文档，打开的图形文档名称如图 1-100 所示。

02 先按下【Ctrl】键，再按下【Tab】键，系统将弹出【打开文档】对话框，如图 1-101 所示。

03 在【打开文档】对话框中显示了所有被打开的图形文档，在按住【Ctrl】键的同时，按下【Tab】键可以切换激活的图形文档。



图 1-100　打开的图形文档名称



图 1-101　【打开文档】对话框

04　选中需要的图形文档后，释放【Ctrl】键即可，在窗口中显示的即是需要的图形文档。

第 2 章

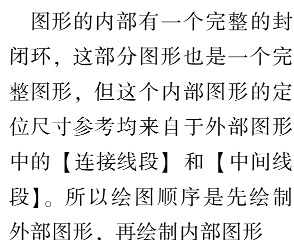
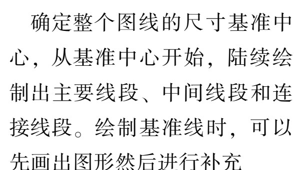
草图设计

本章导读

在 SolidWorks 中，草图与曲线可以作为特征的轮廓截面以及曲面模型的骨架。草图可分为 2D 草图和 3D 草图。本章我们将学习 SolidWorks 软件的 2D 草图绘制过程与方法。

案例展现

ANLIZHANXIAN

案　例　图	描　　述
	 图形的内部有一个完整的封闭环，这部分图形也是一个完整图形，但这个内部图形的定位尺寸参考均来自于外部图形中的【连接线段】和【中间线段】。所以绘图顺序是先绘制外部图形，再绘制内部图形
	 确定整个图线的尺寸基准中心，从基准中心开始，陆续绘制出主要线段、中间线段和连接线段。绘制基准线时，可以先画出图形然后进行补充

2.1 草图基础知识

三维建模的基础是草图与曲线设计。在 SolidWorks 中，不管是单独绘制的草图还是特征内部草图，都可以在特征间通用。草图是由直线、圆弧等基本几何元素构成的几何实体，它构成了特征的截面轮廓或路径，并由此生成特征。





2.1.1 草图环境

SolidWorks 2018 向用户提供了直观、便捷的草图工作环境。在草图环境中，可以使用草图绘制工具绘制曲线，可以选择已绘制的曲线进行编辑，可以对草图几何体进行尺寸约束和几何约束，还可以修复草图。

SolidWorks 2018 草图环境界面如图 2-1 所示。

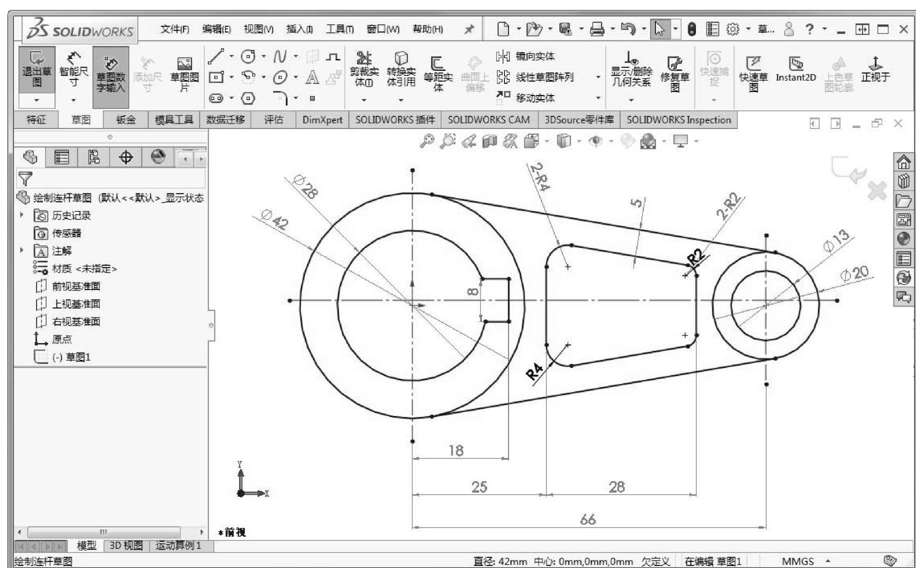


图 2-1 SolidWorks 2018 草图环境界面



2.1.2 草图曲线的绘制方法

在 SolidWorks 中绘制二维草图时通常有两种绘制方法：【单击－拖动】方法和【单击－单击】方法。

1. 【单击－拖动】方法

【单击－拖动】方法适用于单条草图曲线的绘制，例如绘制直线、圆。在图形区单击一位置作为起点后，在不释放鼠标的情况下拖动，直至在直线终点位置释放鼠标，即绘制出一条直线，如图 2-2 所示。

技巧点拨	使用【单击－拖动】方法绘制草图后，草图命令仍然处于激活状态，但不能连续绘制。绘制圆时可以采用任意绘制方法。

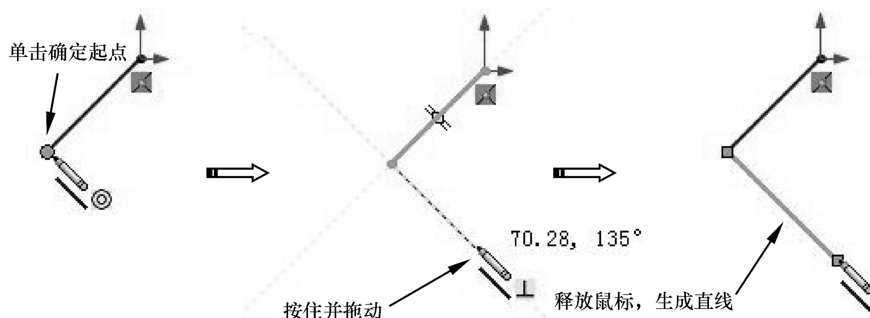


图 2-2　使用【单击－拖动】方法绘制直线

2.【单击－单击】方法

单击第一个点并释放鼠标，则是应用了【单击－单击】绘制方法。在绘制【直线】和【圆弧】并处于【单击－单击】模式时，单击时会生成连续的线段（链）。

例如，绘制两条直线时，在图形区单击一位置作为直线 1 的起点，释放鼠标后在另一位置单击（此位置也是第 1 条直线的终点），完成直线 1 绘制。然后在直线命令仍然激活状态下，在其他位置单击鼠标（此位置为第 2 条直线的终点），绘制出第 2 条直线，如图 2-3 所示。

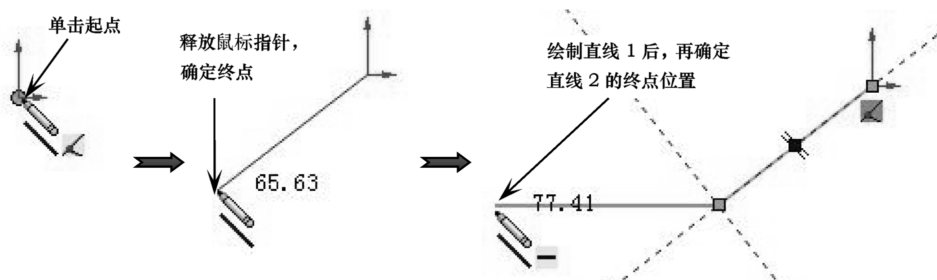


图 2-3　使用【单击－单击】方法绘制直线

同理，按此方法可以连续绘制出首尾相连的多条直线。若要退出【单击－单击】模式，双击鼠标即可。

技巧点拨	当用户使用【单击－单击】方法绘制草图曲线，并在现有草图曲线的端点结束直线或圆弧时，该工具会保持激活状态，可以连续绘制。

2.2 2D 草图曲线的绘制方法

在 SolidWorks 中，通常将草图曲线分为基本曲线和高级曲线。基本曲线包括直线、中心线、圆、圆弧、椭圆、矩形、多边形等。所谓高级曲线，是指在 SolidWorks 设计过程中不常用的曲线类型，包括槽口曲线、样条曲线、抛物线、交叉曲线、圆角、倒角和文本等。

 2.2.1　直线与中心线

在所有的图形实体中，直线或中心线是最基本的图形实体。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【直线】按钮，在属性管理器中显示【插入线条】面板，同时鼠标指针由箭头形状变为笔形，如图 2-4 所示。

当选择一种直线方向并绘制直线起点后，属性管理器中显示【线条属性】面板，如图 2-5 所示。



图 2-4　【插入线条】面板



图 2-5　【线条属性】面板

上机操作——利用【直线】【中心线】命令绘制直线、圆弧图形

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch02 \ 直线、圆弧图形 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch02 \ 利用【直线】【中心线】命令绘制直线、圆弧图形 . avi

01　新建 SolidWorks 零件文件。

02　在功能区【草图】命令选项卡中单击【草图绘制】按钮，选择前视基准平面作为草图平面，并自动进入草绘环境中，如图 2-6 所示。

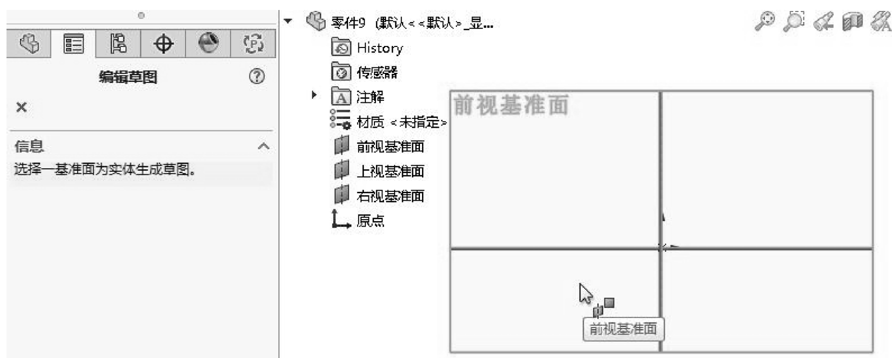
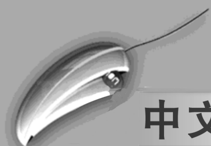


图 2-6　选择草图平面

03　单击【中心线】按钮，在【插入】面板中选择【水平】单选按钮，输入长度参数值为 100，然后让在原点上单击，直至光标向左，即可完成水平中心线的绘制，如图 2-7 所示。



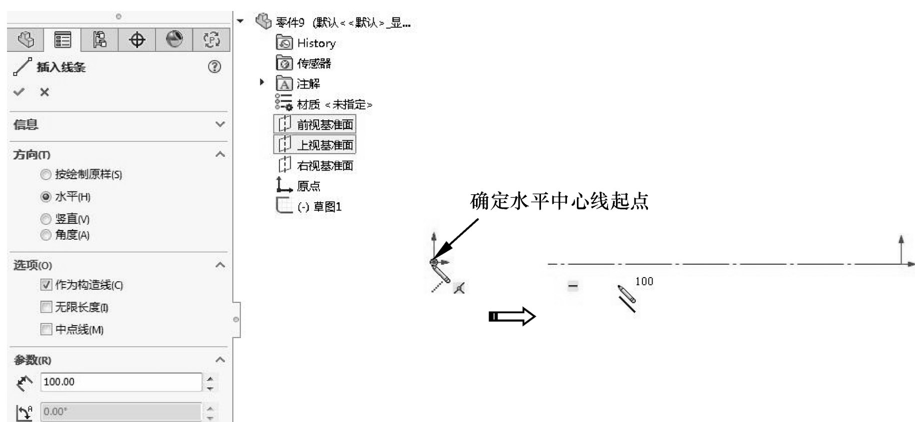


图 2-7　绘制水平中心线

04 同理，继续绘制中心线，结果如图 2-8 所示。

05 单击【直线】按钮，然后绘制如图 2-9 所示的 3 条连续直线，但不要终止直线命令。

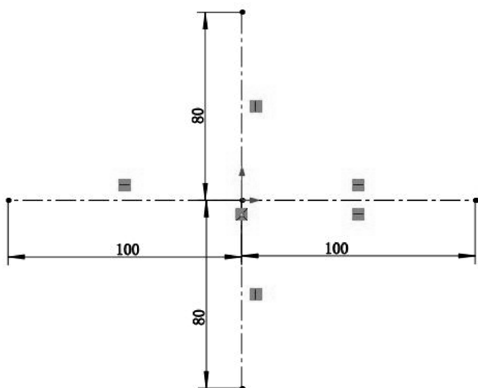


图 2-8　绘制其余中心线

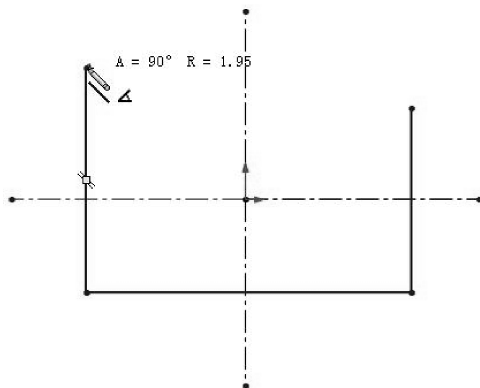


图 2-9　绘制直线

技巧点拨	不终止命令，是想将直线绘制自动转换成圆弧绘制。

06 在没有终止【直线】命令的情况下，在绘制下一条直线时，将光标移动到该直线的起点位置，然后重新移动光标，此时可以看见即将绘制的曲线非直线而是圆弧，如图 2-10 所示。

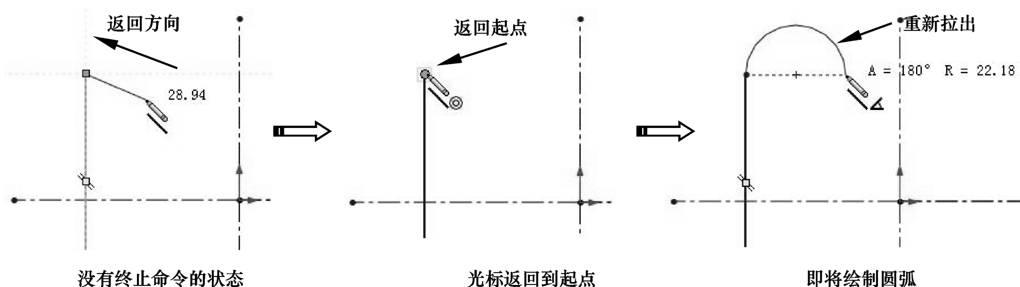


图 2-10　绘制连续直线时改变命令

技巧点拨

绘制连续直线时，当光标返回到直线起点后，会因拖动光标的方向不同而产生不同的圆弧。图 2-11 为几个不同方向所产生的圆弧绘制效果。但当拖动光标作水平或竖直移动时，不再生成连续直线，更不会生成连接圆弧，而是重新绘制新的直线，如图 2-12 所示。

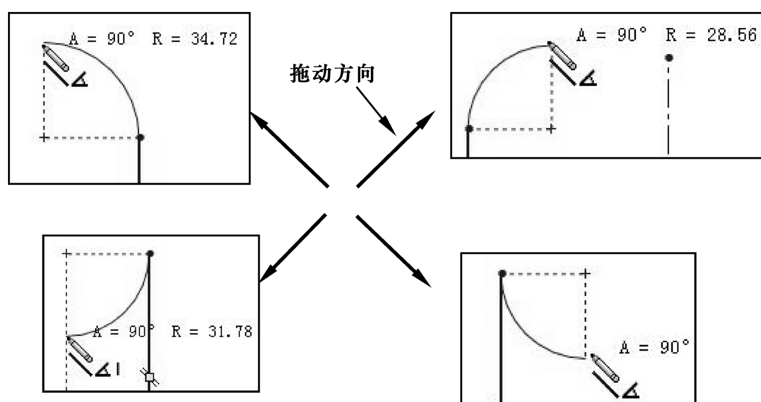


图 2-11 向不同方向拖动光标生成的圆弧情况

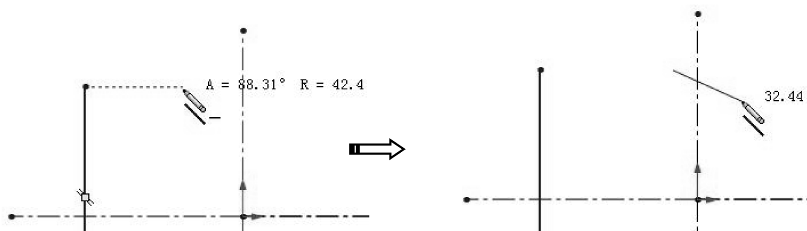


图 2-12 水平拖动光标所产生的结果

07 绘制完圆弧后又变为直线绘制，此时只需要再重复上一步骤的操作，即可绘制出相切的连接圆弧，完成多个连续圆弧的绘制，结果如图 2-13 所示。

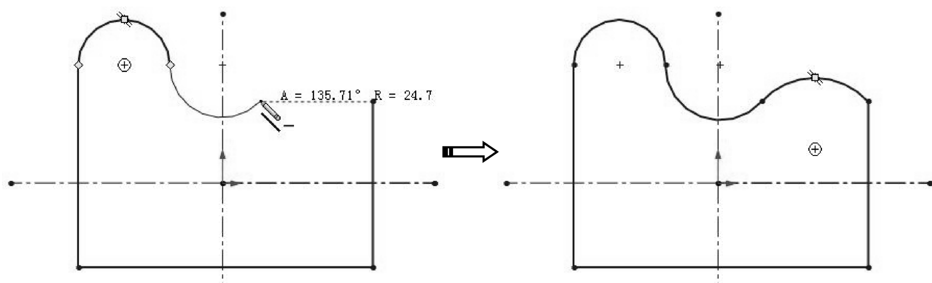


图 2-13 完成相切连接圆弧的绘制

08 最后退出草图环境，并保存文件。



2.2.2 圆与周边圆

在草图模式中，SolidWorks 向用户提供了两种圆工具：圆和周边圆。按绘制方法，圆可分为【中心圆】类型和【周边圆】类型。实际上【周边圆】工具就是【圆】工具当中的

一种。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【圆】按钮，在属性管理器显示【圆】面板。同时鼠标指针由箭头形状变为笔形，绘制圆后，【圆】属性面板变成如图 2-14 所示的选项设置样式。

在【圆】面板中，包括两种圆的绘制类型：圆和周边圆。

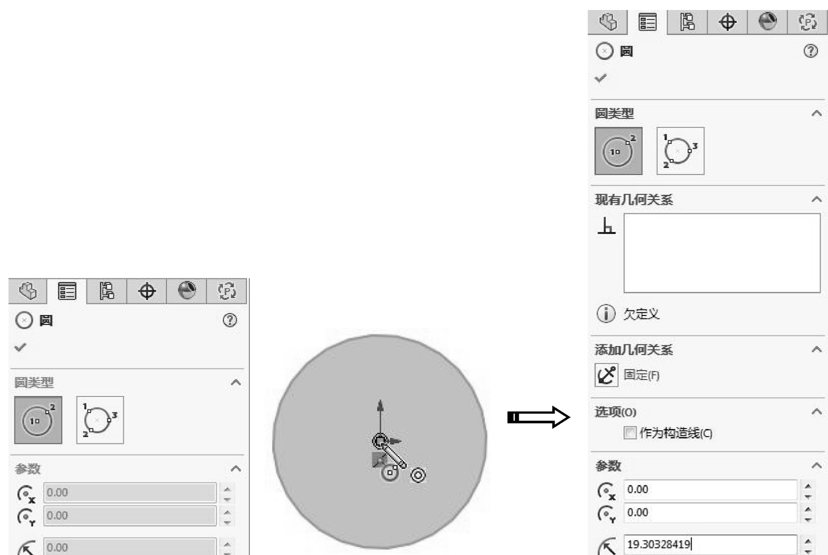


图 2-14 【圆】面板

上机操作——利用【圆】和【周边圆】工具绘制草图

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch02 \ 利用【圆】和【周边圆】工具绘制草图 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch02 \ 利用【圆】和【周边圆】绘制草图 . avi

01 新建 SolidWorks 零件文件。

02 单击【草图绘制】按钮，选择前视基准平面作为草图平面，进入草图环境中。

03 单击【圆】按钮，绘制如图 2-15 所示的 3 组同心圆，暂且不管圆的尺寸及位置。

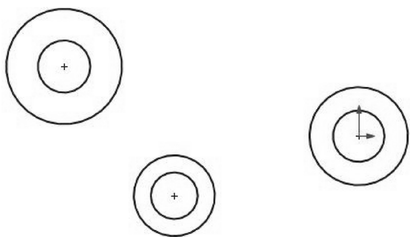


图 2-15 绘制圆

04 单击【智能尺寸】按钮，对圆进行尺寸约束（将在后面章节详解尺寸约束的用法），结果如图 2-16 所示。

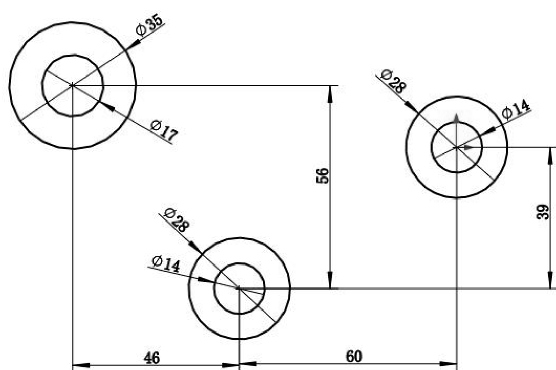


图 2-16　尺寸约束绘制的圆

05　绘制 1 个直径为 14 的圆，如图 2-17 所示。

06　单击【直线】按钮，采用前面介绍的连续直线绘制方法，绘制出如图 2-18 所示的直线和圆弧。

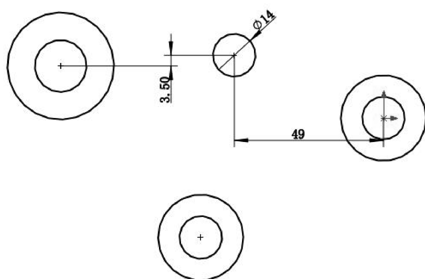


图 2-17　绘制圆

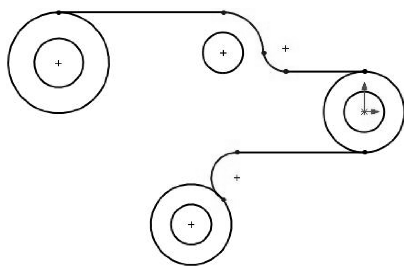


图 2-18　绘制直线和圆弧

07　单击【添加几何关系】按钮 添加几何关系，对绘制的连续直线使用相切约束，结果如图 2-19 所示。

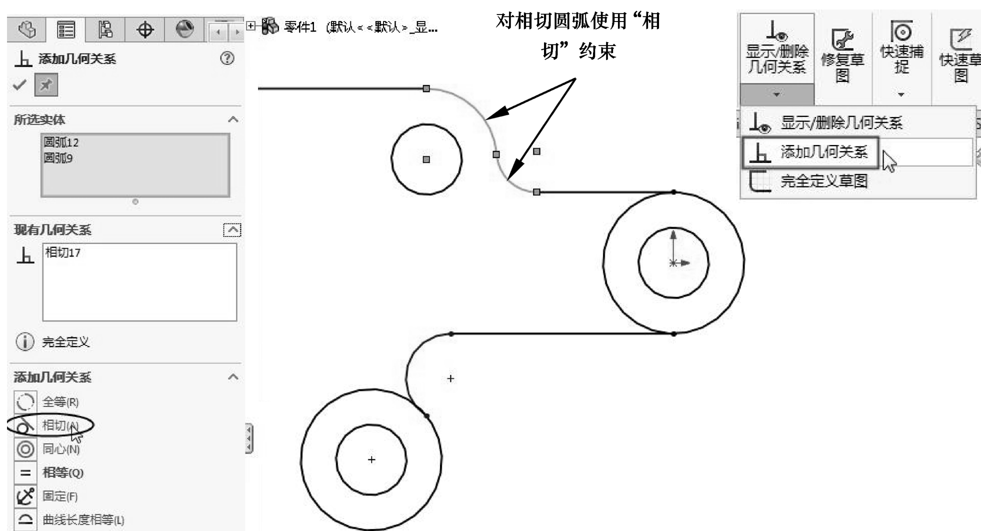


图 2-19　几何约束圆弧

08 同理，继续选择圆弧与圆进行同心几何约束，如图 2-20 所示。

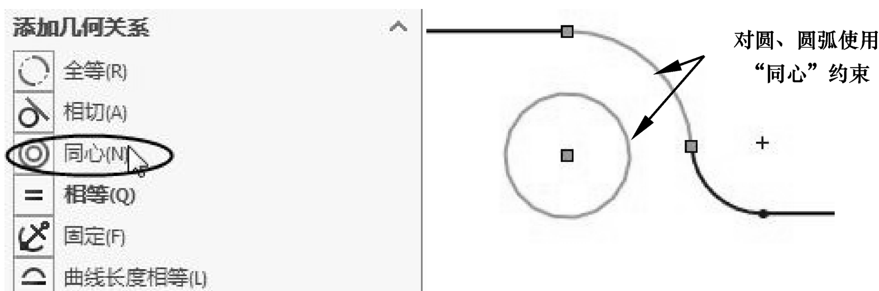


图 2-20　同心约束圆与圆弧

技巧点拨	必须先几何约束，再尺寸约束，否则会产生过定义约束。

09 对下面的圆弧和圆也添加相切几何约束关系，如图 2-21 所示。

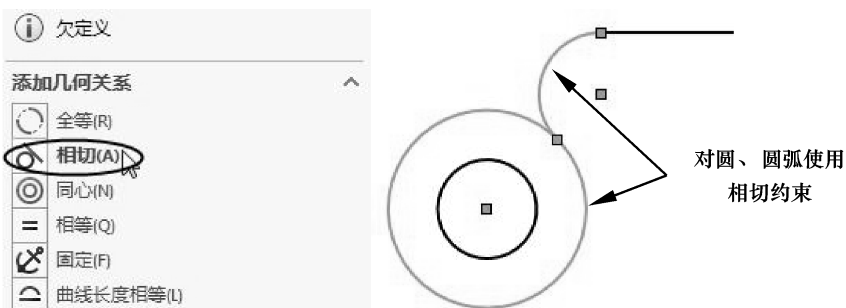


图 2-21　添加相切几何约束

10 利用【智能尺寸】命令，对约束后的圆弧进行尺寸约束，结果如图 2-22 所示。

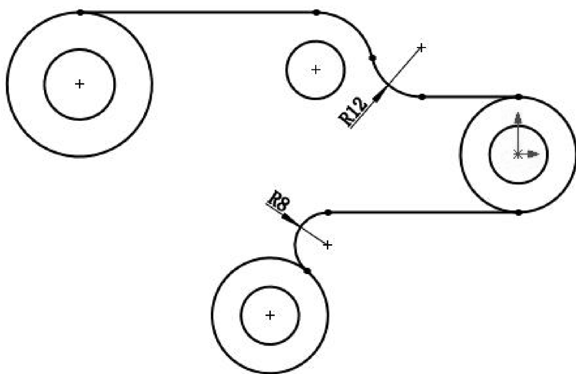


图 2-22　使用尺寸约束

11 单击【周边圆】按钮，然后创建一个圆。暂且不管圆大小，但要与附近的 2 个圆公切，如图 2-23 所示。

12 对绘制的周边圆应用尺寸约束，如图 2-24 所示。

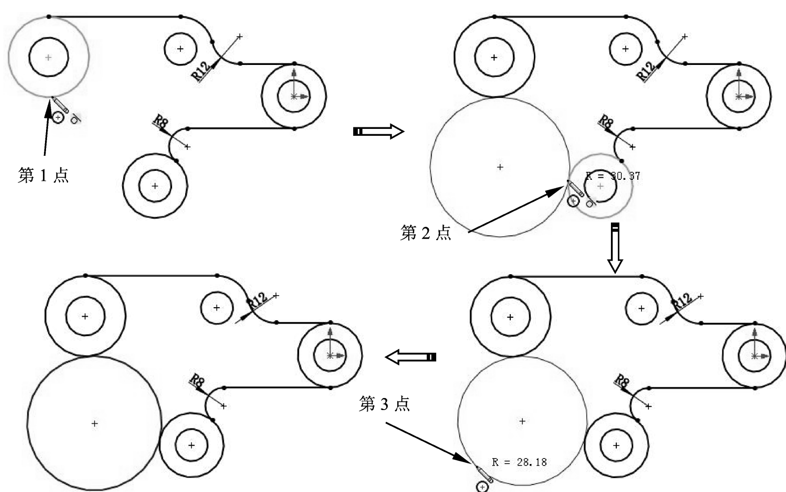


图 2-23　绘制周边圆

13　单击【剪裁实体】按钮，对周边圆进行修剪，结果如图 2-25 所示。

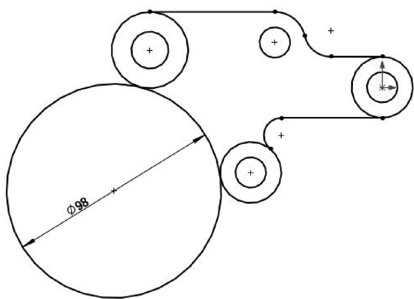


图 2-24　尺寸约束周边圆

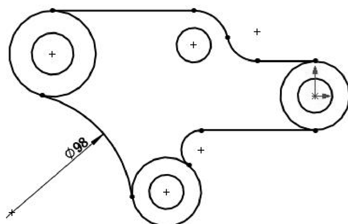


图 2-25　修剪周边圆



2.2.3　圆弧

圆弧为圆上的一段弧，SolidWorks 向用户提供了 3 种圆弧绘制方法：圆心/起/终点画弧、切线弧和 3 点圆弧。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【圆心/起/终点画弧】按钮，在属性管理器中显示【圆弧】面板，同时鼠标指针由箭头形状变为笔形，如图 2-26 所示。



图 2-26　【圆弧】面板

在【圆弧】面板中，包括 3 种圆的绘制类型：圆心/起/终点画弧、切线弧和 3 点圆弧。

1. 圆心/起/终点画弧

【圆心/起/终点画弧】类型是以圆心、起点和终点方式来绘制圆。如果圆弧不受几何关系约束，用户可在【参数】选项区中指定以下参数。

- X 坐标置中：圆心在 X 坐标上的参数值。
- Y 坐标置中：圆心在 Y 坐标上的参数值。

- 开始 X 坐标：起点在 X 坐标上的参数值。
- 开始 Y 坐标：起点在 Y 坐标上的参数值。
- 结束 X 坐标：终点在 X 坐标上的参数值。
- 结束 Y 坐标：终点在 Y 坐标上的参数值
- 半径：圆的半径值，用户可以更改此值。
- 角度：圆弧所包含的角度。

选择【圆心/起/终点画弧】类型绘制圆弧时，首先指定圆心位置，然后拖动鼠标指定圆弧起点（同时也确定了圆的半径），指定起点后再拖动鼠标指定圆弧的终点，如图 2-27 所示。

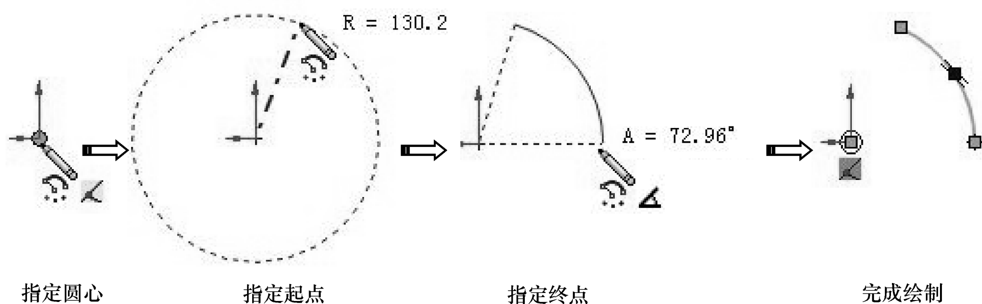


图 2-27　圆弧的绘制过程

技巧点拨	在绘制圆弧的面板还没有关闭的情况下，是不能使用指针来修改圆弧的。若要使用指针修改圆弧，要先关闭面板。

2. 切线弧

【切线弧】类型的选项与【圆心/起/终点画弧】类型的选项相同。切线弧是与直线、圆弧、椭圆或样条曲线相切的圆弧。

绘制切线弧的过程是，首先在直线、圆弧、椭圆或样条曲线的终点上单击以指定圆弧起点，接着拖动鼠标以指定相切圆弧的终点，释放鼠标后完成切线弧的绘制，如图 2-28 所示。

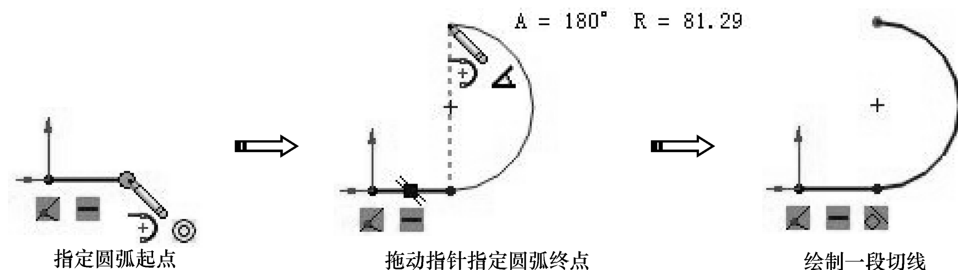


图 2-28　绘制切线弧的过程

技巧点拨	在绘制切线弧之前，必须先绘制参照曲线，如直线、圆弧、椭圆或样条曲线，否则程序会弹出警告提示，如图 2-29 所示。

绘制第1段切线弧后，圆弧命令仍然处于激活状态。若用户需要创建多段相切圆弧，则可在没有中断切线弧绘制的情况下继续绘制出第2、3……段切线弧，之后可按下【Esc】键，或双击鼠标，或选择右键菜单【选择】命令，以结束切线弧的绘制。图2-30为绘制的多段切线弧。



图2-29　警告提示框

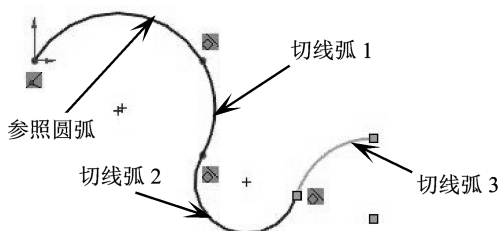


图2-30　绘制多段切线弧

3. 点圆弧

【3点圆弧】类型也具有与【圆心/起/终点画弧】类型相同的选项设置，【3点圆弧】类型是指定圆弧的起点、终点和中点的绘制方法。

绘制3点圆弧的过程是，首先指定圆弧起点，接着拖动鼠标以指定相切圆弧的终点，最后拖动鼠标指定圆弧中点，如图2-31所示。

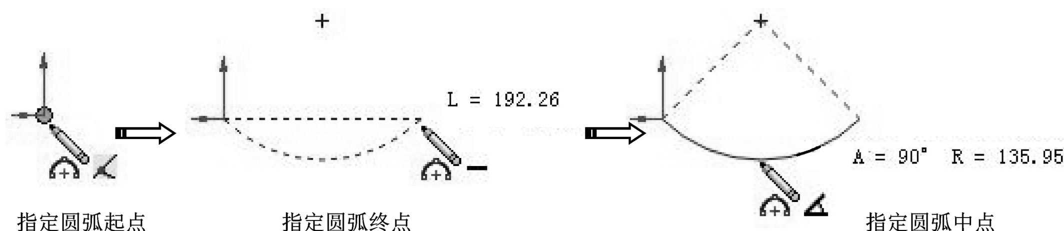


图2-31　绘制3点圆弧的过程

 2.2.4　椭圆与部分椭圆

椭圆或椭圆弧是由两个轴和一个中心点定义的，椭圆的形状和位置由3个因素决定：中心点、长轴、短轴。椭圆轴决定了椭圆的方向，中心点决定了椭圆的位置。

1. 椭圆

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【椭圆】按钮，指针由箭头变成。

在图形区指定一点作为椭圆中心点，属性管理器中将灰显【椭圆】面板，直至在图形区依次指定长轴端点和短轴端点完成椭圆的绘制后，【椭圆】面板才亮显，如图2-32所示。

2. 部分椭圆

与绘制椭圆不同的是，部分椭圆不但要指定中心点、长轴端点和短轴端点，还需要指定椭圆弧的起点和终点。【部分椭圆】的绘制方法与【圆心/起/终点画弧】是相同的。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【部分椭圆】按钮;，指针由箭头变成。

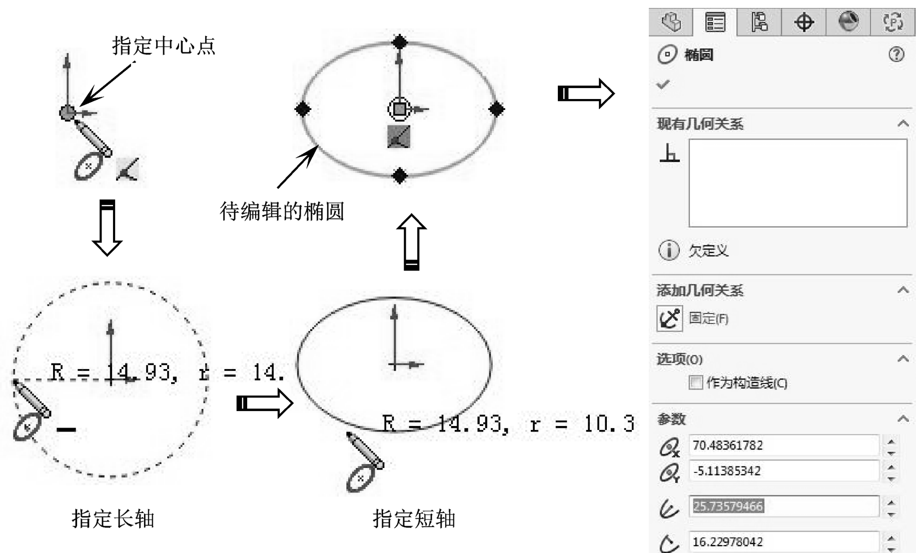


图 2-32　绘制椭圆后的【椭圆】面板

在图形区指定一点作为椭圆中心点，属性管理器中将灰显【椭圆】面板，直至在图形区依次指定长轴端点、短轴端点、椭圆弧起点和终点并完成椭圆弧的绘制后，属性管理器亮显【椭圆】面板，如图 2-33 所示。

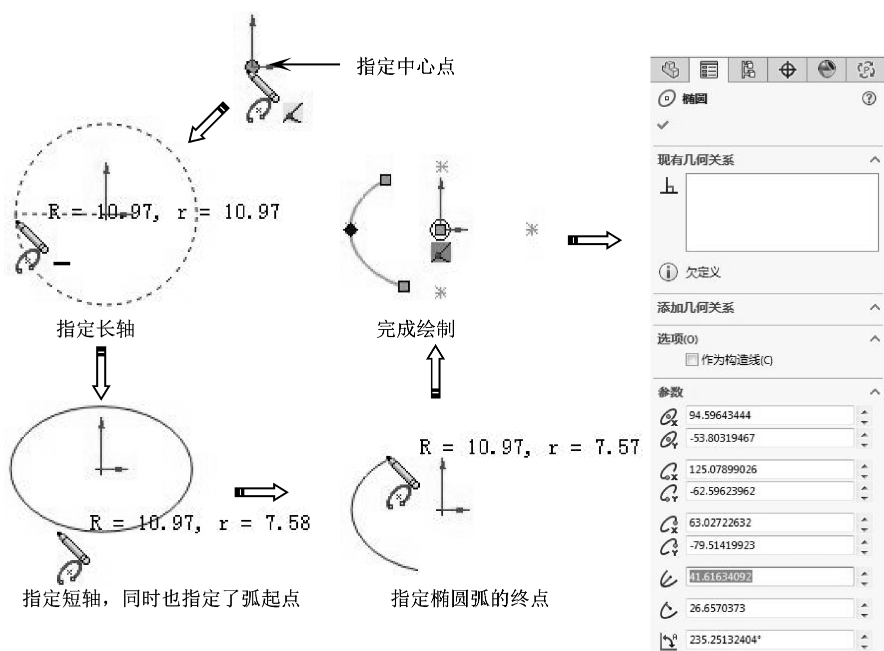


图 2-33　绘制部分椭圆后的【椭圆】面板

技巧点拨

在指定椭圆弧的起点和终点时，无论指针是否在椭圆轨迹上，都将产生弧的起点与终点。这是因为起点和终点是按中心点至指针的连线与椭圆相交而产生的，如图 2-34 所示。

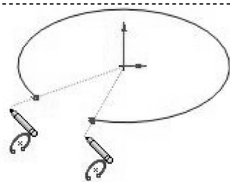


图 2-34　椭圆弧起点和终点的指定

上机操作——利用【圆弧】【椭圆】【椭圆弧】工具绘制草图

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch02 \ 利用【圆弧】【椭圆】【椭圆弧】绘制草图 . sldprt

演示视频路径：\ 视频 \ Ch02 \ 利用【圆弧】【椭圆】【椭圆弧】绘制草图 . avi

01　新建 SolidWorks 零件文件。

02　选择前视基准平面为草图平面，进入草图环境。

03　利用【圆】命令绘制如图 2-35 所示的同心圆。

04　单击【椭圆】按钮，选取同心圆的圆心作为椭圆的圆心，创建出如图 2-36 所示的椭圆。

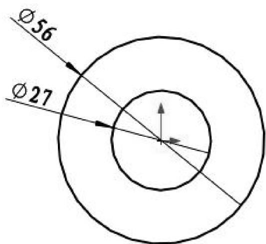


图 2-35　绘制同心圆



图 2-36　创建椭圆

05　单击【圆心/起/终点画弧】按钮，绘制圆弧 1，并对圆弧进行尺寸约束，结果如图 2-37 所示。

06　利用【圆心/起/终点画弧】命令，绘制如图 2-38 所示的圆弧 2。

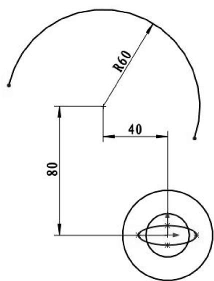


图 2-37　绘制圆弧 1 并尺寸约束

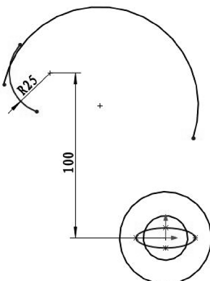


图 2-38　绘制圆弧 2

07 利用几何约束，对圆弧 2 与圆弧 1 进行相切约束，如图 2-39 所示。

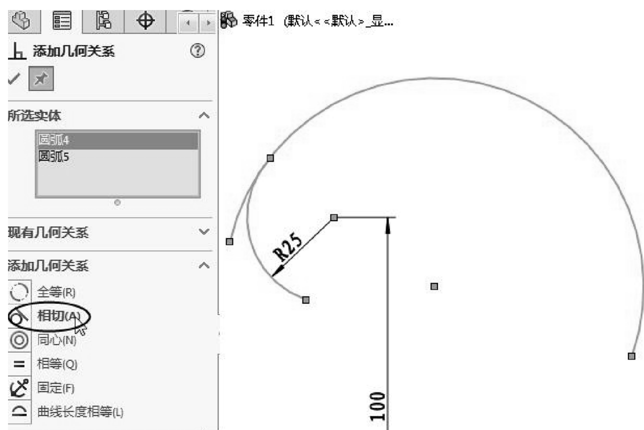


图 2-39　相结约束圆弧 1 和圆弧 2

技巧点拨	相切约束之前，删除部分尺寸约束后，需要对圆弧 1 采用【固定】约束关系，否则圆弧 1 的位置会产生移动。

08 单击【3 点画弧】按钮，绘制如图 2-40 所示的两条圆弧。

09 利用尺寸约束和几何约束命令，对两个圆弧分别进行尺寸约束和相切约束，结果如图 2-41 所示。

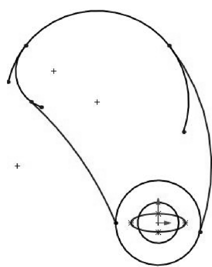


图 2-40　绘制圆弧

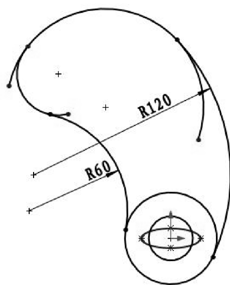


图 2-41　使用尺寸约束和几何约束

10 利用【修剪实体】命令，对整个图形进行修剪，结果如图 2-42 所示。

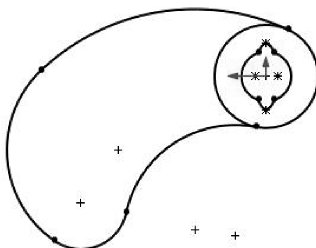


图 2-42　修剪实体



2.2.5 矩形

SolidWorks 为用户提供了 5 种矩形绘制类型，包括边角矩形、中心矩形、3 点边角矩形、3 点中心矩形和平行四边形。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【矩形】按钮，指针由箭头变成。在属性管理器中显示【矩形】面板，但该面板【参数】选项区灰显，当绘制矩形后，面板完全亮显，如图 2-43 所示。

通过该面板可以为绘制的矩形添加几何关系，【添加几何关系】选项区的选项如图 2-44 所示。还可以通过参数设置对矩形重定义，【参数】选项区的选项如图 2-45 所示。



图 2-43 【矩形】面板



图 2-44 【添加几何关系】选项

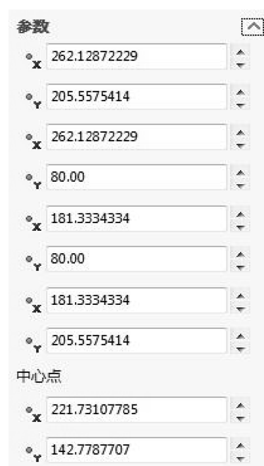


图 2-45 【参数】选项

在【矩形】面板的【矩形类型】选项区中包含 5 种矩形绘制类型，详见表 2-1。

表 2-1 5 种矩形的绘制类型

类　型	图　解	说　明
边角矩形		【边角矩形】类型通过指定矩形对角点来绘制标准矩形。在图形区指定一位置以放置矩形的第一个角点，拖动鼠标使矩形的大小和形状正确时，单击以指定第二个角点，完成边角矩形的绘制
中心矩形		【中心矩形】类型以指定中心点与一个角点的方法绘制矩形。在图形区指定一位置以放置矩形中心点，拖动鼠标使矩形的大小和形状正确时，单击以指定矩形的一个角点，完成边角矩形的绘制
3 点边角矩形		【3 点边角矩形】类型以指点 3 个角点的方法确定矩形。其绘制过程是，在图形区指定一位置作为第 1 角点，拖动鼠标以指定第 2 角点，再拖动鼠标以指定第 3 角点，3 个角点指定后即生成矩形

（续）

类　　型	图　　解	说　　明
3 点中心矩形		【3 点中心矩形】类型以所选的角度绘制带有中心点的矩形。其绘制过程是，在图形区指定一位置作为中心点，拖动鼠标在矩形平分线上指定中点，然后再拖动鼠标以一定角度指定矩形角点
平行四边形		【平行四边形】类型通过指定 3 个角度的方法绘制 4 条边两两平行且不相互垂直的平行四边形。其绘制过程是，首先在图形区指定一位置作为第 1 角点，拖动鼠标指定第 2 角点，然后再拖动鼠标以一定角度指定第 3 角点，完成绘制



2.2.6　槽口曲线

槽口曲线工具用于绘制机械零件中键槽特征的草图。SolidWorks 为用户提供了 4 种槽口曲线绘制类型，包括直槽口、中心点槽口、3 点圆弧槽口和中心点圆弧槽口。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【直槽口】按钮，指针由箭头变成，在属性管理器中显示【槽口】面板，如图 2-46 所示。



图 2-46　【槽口】面板

【槽口】属性面板中包含 4 种槽口类型：【3 点圆弧槽口】、【中心点圆弧槽口】、【直槽口】和【中心点槽口】类型。

1. 直槽口

【直槽口】类型以两个端点绘制槽。绘制过程如图 2-47 所示。

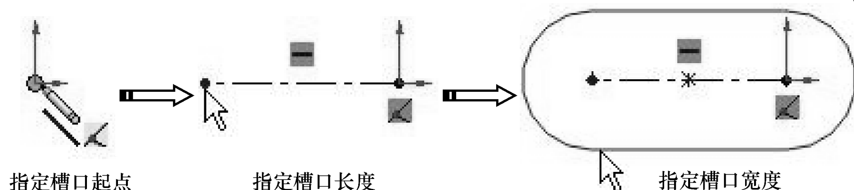


图 2-47　绘制直槽口

2. 中心点槽口

【中心点槽口】类型以中心点和槽口的一个端点绘制槽。绘制方法是，在图形区中指定某位置作为槽口的中心点，然后移动鼠标以指定槽口的另一端点，在指定端点后再移动鼠标以指定槽口宽度，如图 2-48 所示。

技巧点拨	在指定槽口宽度时，指针无须在槽口曲线上，也可以是离槽口曲线很远的位置、只要是在宽度水平延伸线上即可。

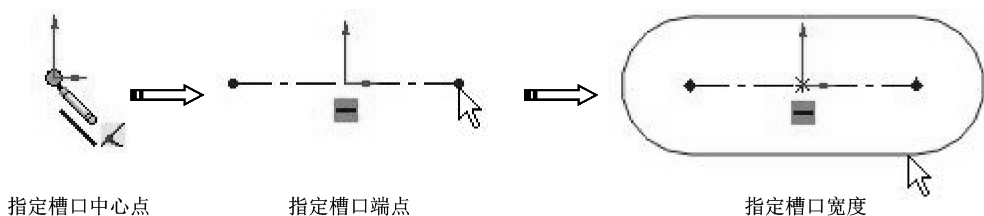


图 2-48　绘制中心点槽口

3. 3 点圆弧槽口

【3 点圆弧槽口】类型是在圆弧上用三个点绘制圆弧槽口。其绘制方法是，在图形区单击以指定圆弧的起点，通过移动鼠标指定圆弧的终点并单击，接着移动鼠标指定圆弧的第三点再单击，最后移动鼠标指定槽口宽度，如图 2-49 所示。

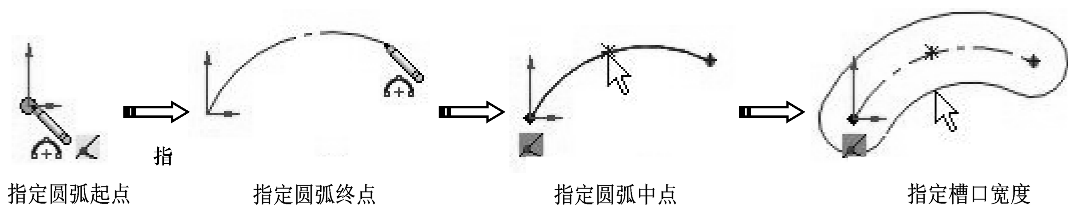


图 2-49　绘制 3 点圆弧槽口

4. 中心点圆弧槽口

【中心点圆弧槽口】类型是用圆弧半径的中心点和两个端点绘制圆弧槽口。其绘制方法是，在图形区单击以指定圆弧的中心点，通过移动鼠标指定圆弧的半径和起点，接着通过移动鼠标指定槽口长度并单击，再移动鼠标指定槽口宽度并单击生成槽口，如图 2-50 所示。

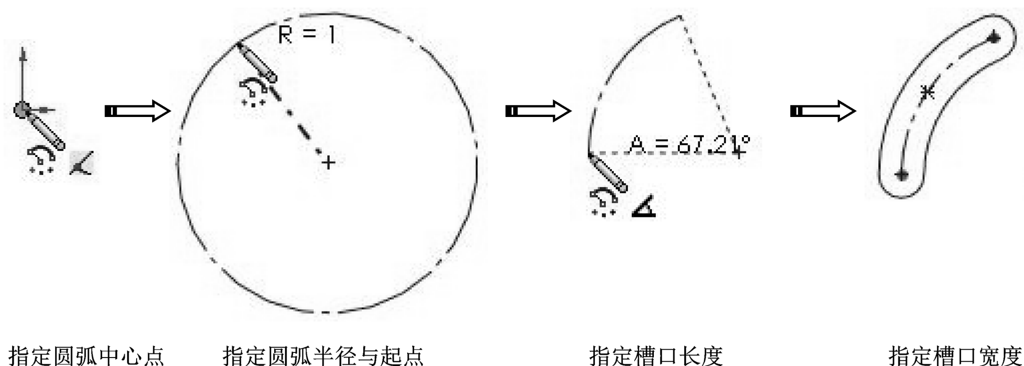


图 2-50　绘制中心点圆弧槽口



2. 2. 7　多边形

【草图】选项卡中的【多边形】工具用于绘制圆的内切或外接正多边形，边数为3 ~ 40。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【多边形】按钮，指针由箭头变成，且在属性管理器中显示【多边形】面板，如图 2-51 所示。



图 2-51 【多边形】面板

绘制多边形时，需要指定 3 个参数：中点、圆直径和角度。例如要绘制一正三角形，首先在图形区指定的正三角形中点，然后拖动指针指定圆的直径，并旋转正三角形使其符合要求，如图 2-52 所示。

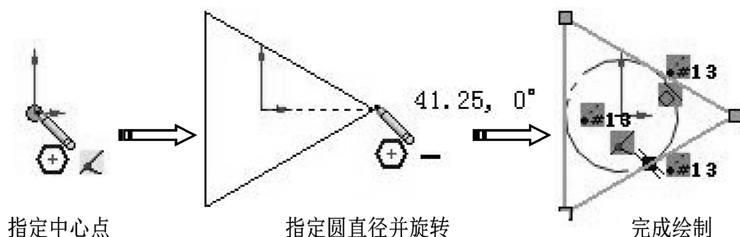


图 2-52 绘制正三角形



2.2.8 绘制圆角曲线

绘制圆角曲线工具在两个草图曲线的交叉处剪裁掉角部，从而生成一个切线弧。此工具在 2D 和 3D 草图中均可使用。

在【草图】选项卡中单击【绘制圆角】按钮，属性管理器中显示【绘制圆角】面板，如图 2-53 所示。



图 2-53 【绘制圆角】面板

【绘制圆角】面板中各选项含义如下。

- 要圆角化的实体：选取一个草图实体时，它出现在该列表中。
- 圆角参数：输入值以控制圆角半径。
- 保持拐角处约束条件：如果顶点具有尺寸或几何关系，将保留虚拟交点。如果取消选择，且顶点具有尺寸或几何关系，将会询问是否想在生成圆角时删除这些几何关系。
- 标注每个圆角的尺寸：将尺寸添加到每个圆角，当取消选择时，在圆角之间添加相等几何关系。

技巧点拨	具有相同半径的连续圆角不会单独标注尺寸，它们自动与该系列中的第一个圆角具有相等几何关系。

绘制圆角时，要先绘制需要圆角处理的草图曲线。例如，要在矩形的一个顶点位置绘制出圆角曲线，其指针选择的方法大致有两种：一种是选择矩形两条边，如图 2-54 所示；另一种则是选取矩形顶点，如图 2-55 所示。

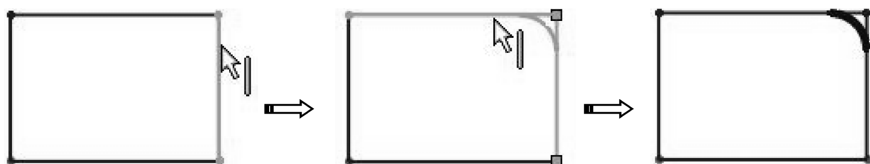


图 2-54 选择边以绘制圆角曲线

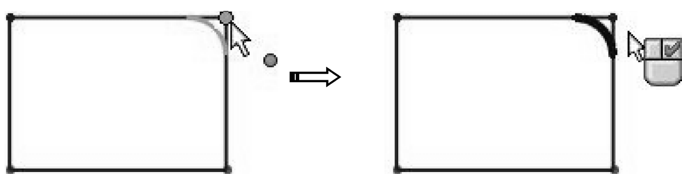


图 2-55　选取顶点以绘制圆角曲线





2.2.9　绘制倒角

用户可以使用【绘制倒角】工具在草图曲线中绘制倒角。SolidWorks 提供两种定义倒角参数类型：角度距离、距离－距离。

单击【绘制倒角】按钮，在属性管理器中显示【绘制倒角】面板。【绘制倒角】面板的【倒角参数】选项区中包括【角度距离】和【距离－距离】两种参数选项。【角度距离】参数选项如图 2-56 所示。【距离－距离】参数选项如图 2-57 所示。



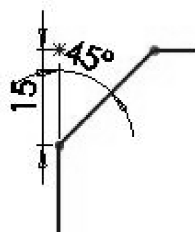
图 2-56　【角度距离】参数选项



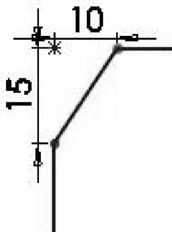
图 2-57　【距离－距离】参数选项

两种参数选项中各选项含义如下。

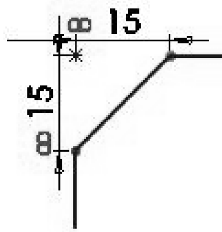
- 角度距离：按角度参数和距离参数来定义倒角，如图 2-58a 所示。
- 距离－距离：按距离参数和距离参数来定义倒角，如图 2-58b 所示。
- 相等距离：按相等的距离来定义倒角，如图 2-58c 所示。



a）角度-距离



b）距离-距离



c）相等距离

图 2-58　倒角参数

- 距离 1 ：设置【角度－距离】的距离参数。
- 方向 1 角度：设置【角度－距离】的角度参数。
- 距离 1 ：设置【距离－距离】的距离 1 参数。

- 距离 2：设置【距离－距离】的距离 2 参数。

与绘制倒圆的方法一样，绘制倒角也可以通过选择边或选取顶点来完成。

技巧点拨	在为绘制倒角而选择边时，可以逐一选择，也可以按住【Ctrl】键连续选择。



2.2.10 文字

用户可以使用【文字】工具在任何连续曲线或边线组上（包括零件面上由直线、圆弧或样条曲线组成的圆或轮廓）绘制文字，并可拉伸或剪切文字以创建实体特征。

单击【文字】按钮，在属性管理器中显示【草图文字】面板，如图 2-59 所示。



图 2-59 【草图文字】面板

【草图文字】面板中各选项含义如下。

- 曲线：选择边线、曲线、草图及草图段。所选对象的名称显示在框中，文字沿对象出现。
- 文字：在文本框中输入文字，可以切换键盘输入法输入不同语言文字。
- 链接到属性：将草图文字链接到自定义属性。
- 加粗、倾斜、旋转：将选择的文字加粗、倾斜、旋转，如图 2-60 所示。

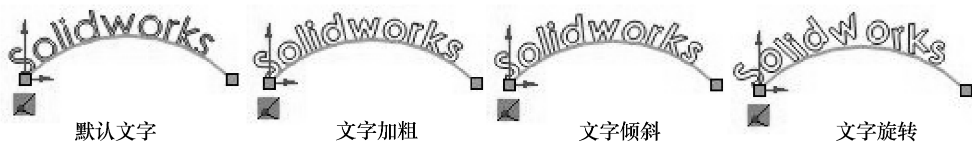


图 2-60 文字样式

- 左对齐、居中、右对齐、两端对齐：使文字沿参照对象左对齐、居中、右对齐、两端对齐，如图 2-61 所示。

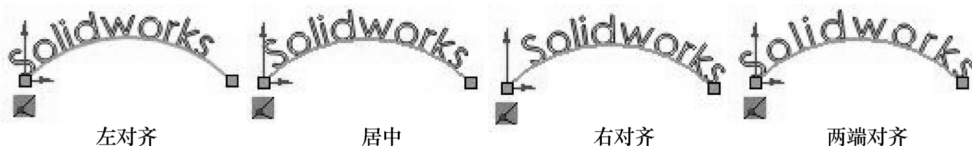


图 2-61 文字对齐方式

- 竖直反转、水平反转：使文字沿参照对象竖直反转、水平反转，如图 2-62 所示。



图 2-62 文字的反转

- 宽度因子A：文字宽度比例，仅在取消勾选【使用文档字体】时才可用。
- 间距AB：文字字体间距比例，仅在取消勾选【使用文档字体】时才可用。
- 使用文档字体：使用用户默认输入的字体。
- 字体：单击此按钮，可以打开【选择字体】对话框，以此设置自定义的字体样式和大小等，如图2-63所示。



图2-63　【选择字体】对话框

技巧点拨	文字对齐方式只能在有参照对象时才可用。在没有选择任何参照且直接在图形区中绘制文字时，这些命令将灰显。

2.3 2D草图变换操作

在SolidWorks中，草图实体（这里主要是指草图曲线）变换操作工具用于对草图进行修剪、延伸、移动、缩放、偏移、镜像、阵列等操作，如图2-64所示。



图2-64　草图实体的变换操作工具



2.3.1　剪裁实体

【剪裁实体】工具用于剪裁或延伸草图曲线。此工具提供的多种剪裁类型适用于2D草图和3D草图。

单击【剪裁实体】按钮，在属性管理器中显示【剪裁】面板，如图2-65所示。



图2-65　【剪裁】面板

在面板的【选项】选项区中包含5种剪裁类型：【强劲剪裁】、【边角】、【在内剪除】、【在外剪除】和【剪裁到最近端】，其中【强劲剪裁】类型最为常用。

1. 强劲剪裁

【强劲剪裁】选项用于大量曲线的修剪。修剪曲线时，无需逐一选取要修剪的对象，可以在图形区中按住左键并拖动鼠标，与指针画线相交的草图曲线将被自动修剪。

此修剪曲线的方法是最常用的快捷修剪方法。图2-66为【强劲剪裁】草图曲线的操作过程示意图。

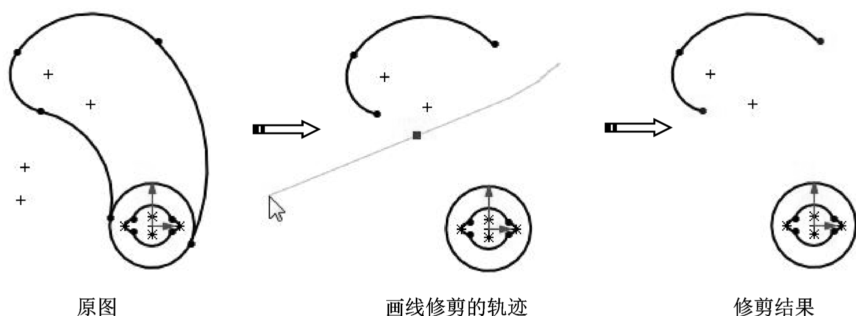


图 2-66　强劲剪裁曲线的过程

技巧点拨	此方法没有局限性，可以修剪任何形式的草图曲线。只能画线修剪，不能单击修剪。

2. 边角

【边角】修剪方法主要用于修剪相交曲线并需要指定保留部分。选取曲线的光标位置就是保留的区域，如图 2-67 所示。方法是：先选择交叉曲线之一，再选择交叉曲线之二。

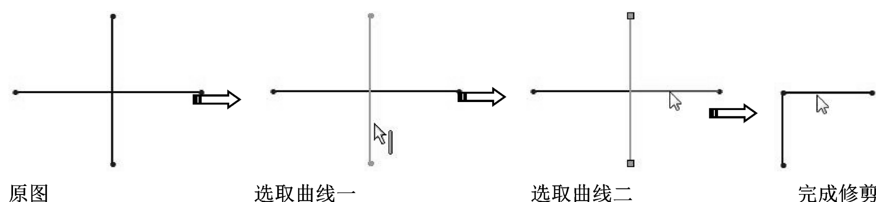


图 2-67　边角修剪曲线的过程

3. 在内剪除

【在内剪除】通过选择两个边界曲线或一个面，然后选择要修剪的曲线进行修剪，修剪的部分为边界曲线内，操作过程如图 2-68 所示。

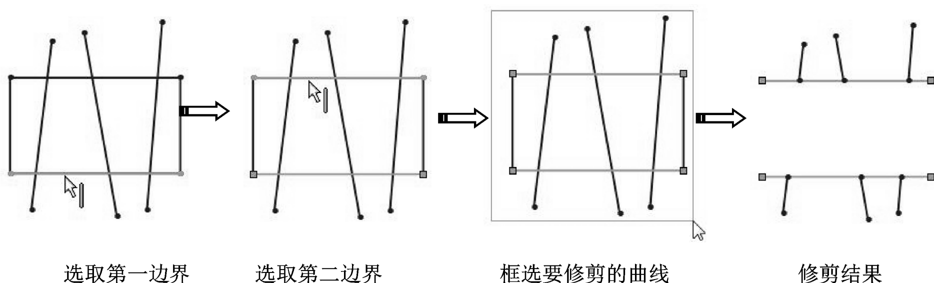


图 2-68　在内剪除曲线的过程

4. 在外剪除

【在外剪除】与【在内剪除】修剪的结果正好相反，如图 2-69 所示。

5. 裁减到最近端

【裁减到最近端】也是一种快速修剪曲线的方法。操作过程如图 2-70 所示。

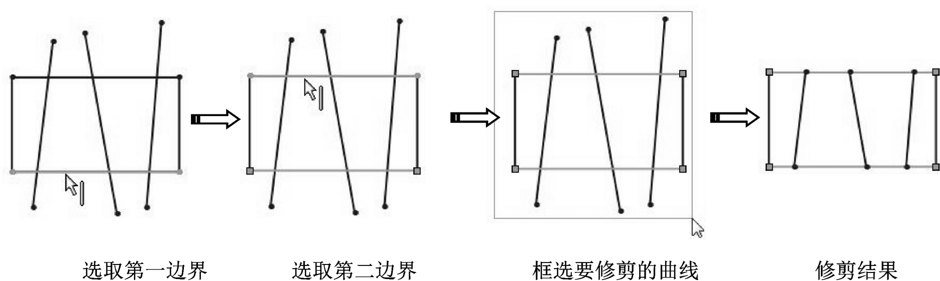


图 2-69　在外剪除曲线的过程

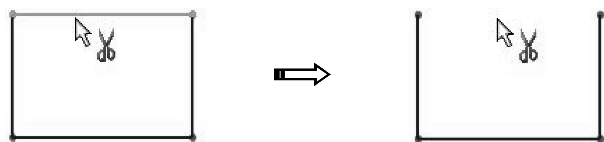


图 2-70　裁减到最近端

技巧点拨	与【强劲剪裁】的修剪方法不同，【裁减到最近端】是单击修剪，一次仅修剪一条曲线，【强劲剪裁】是画线修剪。



2.3.2　延伸实体

使用【延伸实体】工具可以增加草图曲线（直线、中心线或圆弧）的长度，使要延伸的草图曲线延伸至与另一草图曲线相交。

单击【延伸实体】按钮，指针由变为。在图形区将指针靠近要延伸的曲线，随后将红色显示延伸曲线的预览，单击曲线完成延伸操作，如图 2-71 所示。

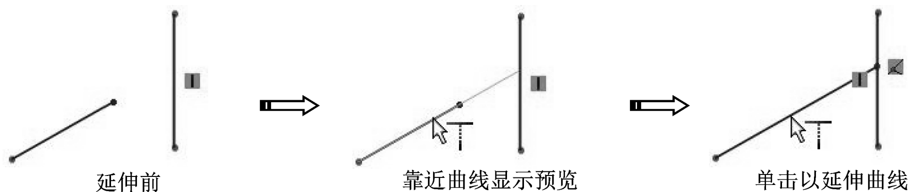


图 2-71　延伸曲线

技巧点拨	将曲线延伸至多个曲线时，第一次单击要延伸的曲线可以将其延伸至第 1 相交曲线，再单击可以延伸至第 2 相交曲线。



2.3.3　等距实体

【等距实体】工具可以将一个或多个草图曲线、所选模型边线或模型面按指定距离值等距离偏移、复制。

单击【等距实体】按钮，在属性管理器中显示【等距实体】面板，如图 2-72 所示。

【等距实体】面板的【参数】选项区中各选项含义如下。

- 等距距离：设定数值以特定距离来等距草图曲线。
- 添加尺寸：勾选此选项，等距曲线后将显示尺寸约束。
- 反向：勾选此选项，将反转偏距方向。当勾选【双向】选项时，此选项不可用。
- 选择链：勾选此选项，将自动选择曲线链作为等距对象。
- 双向：勾选此选项，可双向生成等距曲线。
- 构造几何体：勾选【基本几何体】或【偏移几何体】选项，等距曲线将变成构造曲线，如图 2-73 所示。



图 2-72 【等距实体】面板

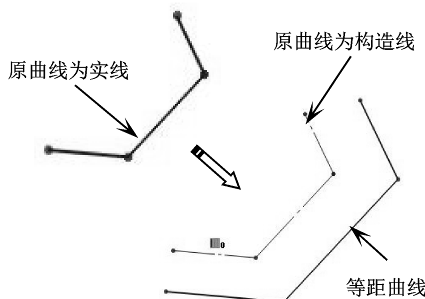


图 2-73 构造几何体

- 顶端加盖：为【双向】的等距曲线生成封闭端曲线。包括【圆弧】和【直线】两种封闭形式，如图 2-74 所示。



图 2-74 为双向等距曲线加盖



2.3.4 镜像实体

【镜像实体】工具以直线、中心线、模型实体边及线性工程图边线作为对称中心来镜像复制曲线。在【草图】选项卡中单击【镜像实体】按钮，属性管理器中显示【镜像】面板，如图 2-75 所示。

【镜像】面板的【选项】选项区中各选项含义如下。

- 要镜像的实体：将选择的要镜像的草图曲线对象列于其中。
- 复制：勾选此复选框，镜像曲线后仍保留原曲线。取消勾选时，将不保留原曲线，如图 2-76 所示。



图 2-75　【镜像】面板

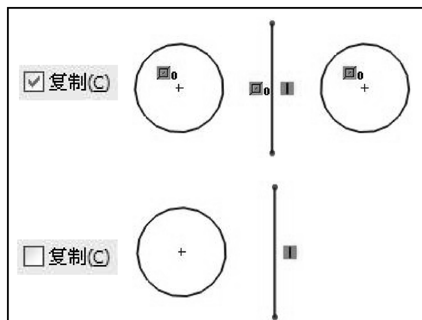


图 2-76　镜像复制与镜像不复制

- 镜像点：选择镜像中心线。

绘制镜像曲线时，要先选择镜像的对象曲线，然后选择镜像中心线（选择镜像中心线时必须激活【镜像点】列表框），最后单击面板中的【确定】按钮完成镜像操作，如图 2-77 所示。

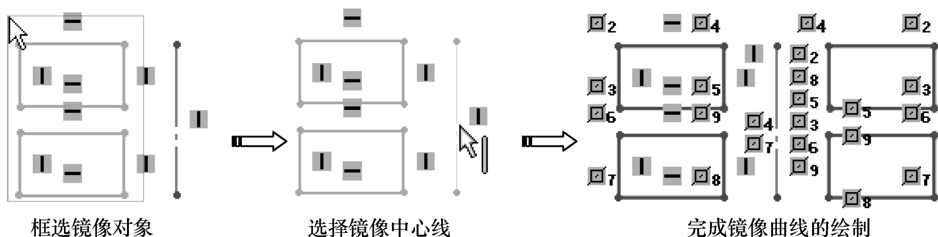


图 2-77　绘制镜像曲线



2.3.5　创建副本实体

SolidWorks 草图环境中提供了用于创建副本曲线的移动、复制、旋转、缩放比例及伸展等操作工具。

1. 移动实体、复制实体

【移动实体】是将草图曲线在基准面内按指定方向进行平移操作。【复制实体】是将草图曲线在基准面内按指定方向进行平移，但要生成对象副本。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【移动实体】按钮或【复制实体】命令后，属性管理器中显示【移动】面板，如图 2-78 所示，或显示【复制】面板，如图 2-79 所示。



图 2-78　【移动】面板



图 2-79　【复制】面板

【移动实体】工具的应用方法如图 2-80 所示。

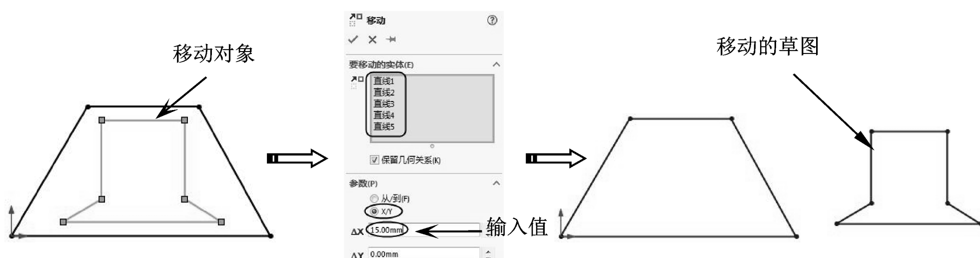


图 2-80　使用【移动实体】工具移动对象

【复制实体】工具的应用方法如图 2-81 所示。

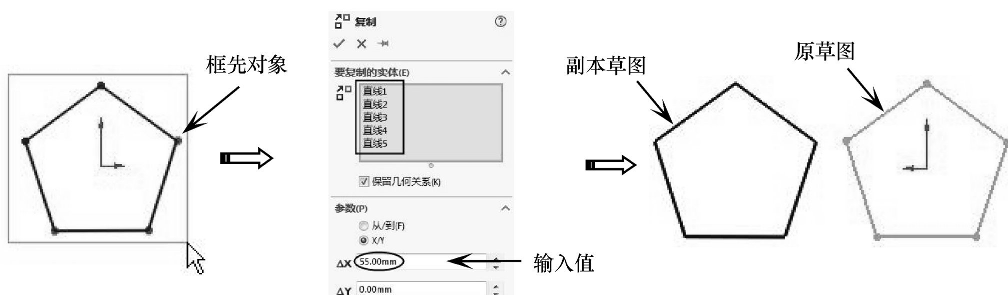


图 2-81　使用【复制实体】工具复制对象

技巧点拨	移动和复制操作不生成几何关系。若想生成几何关系，用户可使用【添加几何关系】工具为其添加新的几何关系。

2. 旋转实体

使用【旋转实体】工具可将选择的草图曲线绕旋转中心进行旋转，不生成副本。在【草图】选项卡中单击【旋转实体】按钮，属性管理器中显示【旋转】面板，如图 2-82 所示。

选取要旋转的曲线并指定旋转中心点及旋转角度，单击【确定】按钮即可完成【旋转实体】操作，如图 2-83 所示。



图 2-82　【旋转】面板

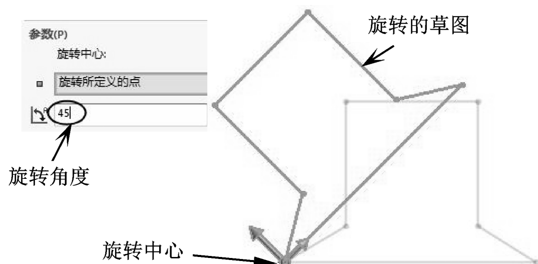


图 2-83　【旋转实体】操作

3. 缩放实体比例

【缩放实体比例】是指将草图曲线按设定的比例因子进行缩小或放大。【缩放实体比例】工具可以生成对象的副本。

在【草图】选项卡中单击【缩放实体比例】按钮，属性管理器中显示【比例】面板，如图 2-84 所示。通过此面板，选择要缩放的对象，并为缩放指定基准点，再设定比例因子，即可对参考对象进行缩放，如图 2-85 所示。



图 2-84　【比例】面板

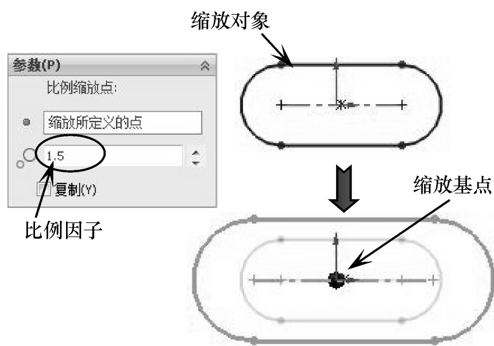


图 2-85　按比例缩放对象

4. 伸展实体

【伸展实体】是指将草图中选定的部分曲线按指定的距离进行延伸，使整个草图被伸展。

单击【伸展实体】按钮，属性管理器中显示【伸展】面板，如图 2-86 所示。在图形区选择要伸展的对象，并设定伸展距离，即可伸展选定的对象，如图 2-87 所示。



图 2-86　【伸展】面板

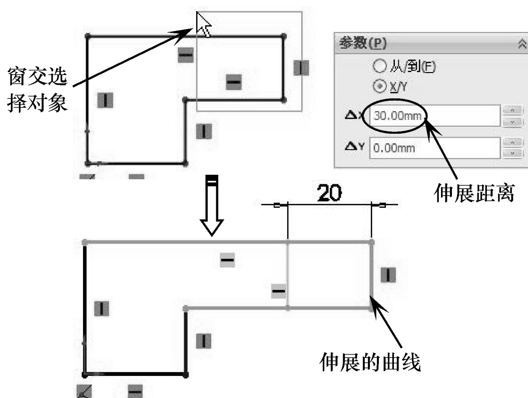


图 2-87　伸展选定的对象

技巧点拨	若用户选择草图中所有曲线进行伸展，最终结果是对象没有被伸展，仅仅按指定的距离进行平移。



2.3.6 草图实体的阵列

对象的阵列是对象的一种复制过程，阵列的方式包括圆形阵列和矩形阵列，在圆形或矩形阵列上创建出多个副本。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【线性草图阵列】按钮，属性管理器将显示【线性阵列】面板，如图 2-88 所示。单击【圆周草图阵列】按钮，指针由变为，属性管理器将显示【圆周阵列】面板，如图 2-89 所示。



图 2-88 【线性阵列】面板



图 2-89 【圆周阵列】面板

1. 线性草图阵列

使用【线性阵列】工具进行线性阵列的操作方法如图 2-90 所示。

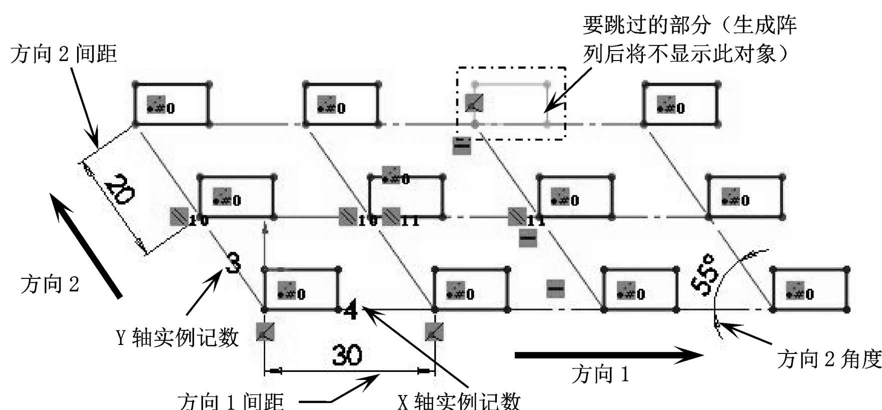


图 2-90 线性阵列对象

2. 圆周草图阵列

使用【圆周阵列】工具进行圆周阵列的操作方法如图 2-91 所示。

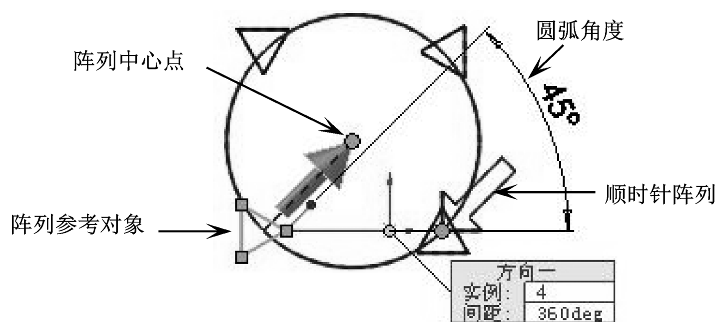


图 2-91 圆周阵列对象

2.4 草图尺寸约束与几何关系

一个完全定义的草图包括齐全的尺寸约束和几何约束。草图中可以允许欠定义，但不能过定义。



2.4.1 几何关系约束

草图几何关系约束为草图实体之间或草图实体与基准面、基准轴、边线或顶点之间的几何约束，可以自动或手动添加几何关系。在 SolidWorks 中，2D 和 3D 草图中草图曲线和模型几何体之间的几何关系是设计意图中一种重要创建手段。

1. 几何约束类型

几何约束其实也是草图捕捉的一种特殊方式。几何约束类型包括推理和添加类型。表 2-2 列出了 SolidWorks 草图模式中所有的几何关系。

表 2-2 草图几何关系

几何关系	类 型	说 明	图 解
水平	推理	绘制水平线	
垂直	推理	按垂直于第一条直线的方向绘制第二条直线。草图工具处于激活状态，因此草图捕捉中点显示在直线上	
平行	推理	按平行几何关系绘制两条直线	
水平和相切	推理	添加切线弧到水平线	
水平和重合	推理	绘制第二个圆。草图工具处于激活状态，因此草图捕捉的象限显示在第二个圆弧上	

（续）

几何关系	类　型	说　明	图　解
竖直、水平、相交和相切	推理和添加	按中心推理到草图原点绘制圆（竖直），水平线与圆的象限相交，添加相切几何关系	
水平、竖直和相等	推理和添加	推理水平和竖直几何关系，添加相等几何关系	
同心	添加	添加同心几何关系	

推理类型的几何约束仅在绘制草图的过程中自动出现。而添加类型的几何约束则需要用户手动添加。

技巧点拨	推理类型的几何约束，仅在【系统选项】的【草图】选项设置中【自动几何关系】选项被勾选的情况下才显示。

2. 添加几何关系

一般来说，用户在绘制草图过程中，程序会自动添加几何约束关系。但是当【自动添加几何关系】选项（系统选项）未勾选时，需要用户手动添加几何约束关系。

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【添加几何关系】按钮，属性管理器将显示【添加几何关系】面板，如图 2-92 所示。选择要添加几何关系的草图曲线后，【添加几何关系】选项区将显示几何关系选项，如图 2-93 所示。



图 2-92　【添加几何关系】面板



图 2-93　选择草图后显示几何关系选项

根据所选的草图曲线不同，【添加几何关系】面板中的几何关系选项也有所不同。表2-3中说明了用户可为几何关系选择的草图曲线以及所产生的几何关系的特点。

表 2-3　选择草图曲线所产生的几何关系及特点

几何关系	图　标	要选择的草图	所产生的几何关系
水平或竖直		一条或多条直线，或两个或多个点	直线会变成水平或竖直（由当前草图的空间定义），而点会水平或竖直对齐
共线		两条或多条直线	项目位于同一条无限长的直线上
全等		两个或多个圆弧	项目会共用相同的圆心和半径
垂直		两条直线	两条直线相互垂直
平行		两条或多条直线，3D 草图中一条直线和一基准面	项目相互平行，直线平行于所选基准面
沿 X		3D 草图中一条直线和一基准面（或平面）	直线相对于所选基准面与 YZ 基准面平行
沿 Y		3D 草图中一条直线和一基准面（或平面）	直线相对于所选基准面与 ZX 基准面平行
沿 Z		3D 草图中一条直线和一基准面（或平面）	直线与所选基准面的面正交
相切		一圆弧、椭圆或样条曲线，以及一直线或圆弧	两个项目保持相切
同轴心		两个或多个圆弧，或一个点和一个圆弧	圆弧共用同一圆心
中点		两条直线或一个点和一直线	点保持位于线段的中点
交叉		两条直线和一个点	点位于直线、圆弧或椭圆上
重合		一个点和一直线、圆弧或椭圆	点位于直线、圆弧或椭圆上
相等		两条或多条直线，或两个或多个圆弧	直线长度或圆弧半径保持相等
对称		一条中心线和两个点、直线、圆弧或椭圆	项目保持与中心线相等距离，并位于一条与中心线垂直的直线上
固定		任何实体	草图曲线的大小和位置被固定。然而，固定直线的端点可以自由地沿其下无限长的直线移动



2.4.2　草图尺寸约束

尺寸约束就是创建草图的尺寸约束，使草图满足设计者的要求并让草图固定。SolidWorks尺寸约束共有 6 种，在【草图】选项卡中包含了这 6 种尺寸约束类型，如图 2-94 所示。

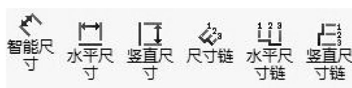


图 2-94　6 种草图尺寸约束类型

 2.4.3　草图尺寸设置

在命令管理器的【草图】选项卡中单击【智能尺寸】按钮或其他尺寸约束按钮，用户可以在图形区为草图标注尺寸，标注尺寸后属性管理器中将显示【尺寸】面板。

技巧点拨	在标注尺寸的过程中，属性管理器将显示【线条属性】面板。通过该面板可为草图曲线定义几何约束。

【尺寸】面板中包括 3 个选项标签：数值、引线和其他。【数值】标签的选项设置如图 2-95所示；【引线】标签的选项设置如图 2-96 所示；【其他】标签的选项设置如图 2-97 所示。



图 2-95　【数值】标签



图 2-96　【引线】标签

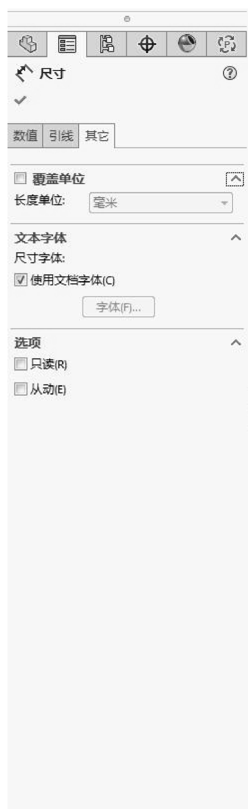


图 2-97　【其他】标签

1. 尺寸约束类型

SolidWorks 为用户提供了如下 6 种尺寸约束类型：智能尺寸、水平尺寸、竖直尺寸、尺寸链、水平尺寸链和竖直尺寸链。其中智能尺寸类型也包含了水平尺寸类型和竖直尺寸类型。

智能尺寸是程序自动判断选择对象并进行对应的尺寸约束。这种类型的优势是标注灵活，由一个对象可标注出多个尺寸约束。但由于此类型几乎包含了所有尺寸约束类型，所以针对性不强，有时也会产生不便。

表 2-4 中列出了 SolidWorks 的所有尺寸约束类型。

表 2-4　尺寸约束类型

尺寸约束类型		图　标	说　明	图　解
竖直尺寸链			竖直标注的尺寸链组	0 30 60
水平尺寸链			水平标注的尺寸链组	0 56 113
尺寸链			从工程图或草图中的零坐标开始测量的尺寸链组	0 30 60
竖直尺寸			标注的尺寸总是与坐标系的 Y 轴平行	50
水平尺寸			标注的尺寸总是与坐标系的 X 轴平行	100
智能尺寸	平行尺寸		标注的尺寸总是与所选对象平行	100
	角度尺寸		指定以线性尺寸（非径向）标注直径尺寸，且与轴平行	25°
	直径尺寸		标注圆或圆弧的直径尺寸	∅70
	半径尺寸		标注圆或圆弧的半径尺寸	R35
	弧长尺寸		标注圆弧的弧长尺寸。标注方法是先选择圆弧，然后依次选择圆弧的两个端点	120

2. 尺寸修改

当尺寸不符合设计要求时，需要重新修改。尺寸的修改可以通过【尺寸】面板完成，也可以通过【修改】对话框完成。

在草图中双击标注的尺寸，弹出【修改】对话框，如图 2-98 所示。

【修改】对话框中按钮命令的含义如下。

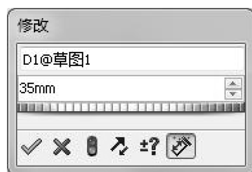


图 2-98 【修改】对话框

- 保存✓：单击此按钮，保存当前的数值并退出此对话框。
- 恢复✕：单击此按钮，恢复原始值并退出此对话框。
- 重建模型：单击此按钮，以当前的数值重建模型。
- 反转尺寸方向：单击此按钮，反转尺寸方向。
- 重设增量值±?：单击此按钮，重新设定尺寸增量值。
- 标注：单击此按钮，标注要输入进工程图中的尺寸。此命令仅在零件和装配体模式中可用。当插入模型项目到工程图中时，可插入所有尺寸或只插入标注的尺寸。

要修改尺寸数值，可以输入数值，可以单击微调按钮，也可以单击微型旋轮，还可以在图形区滚动鼠标滚轮。

默认情况下，除直接输入尺寸值外，其他几种修改方法都是以 10 的增量在增加或减少尺寸值。用户可以单击【重设增量值】按钮±?，在弹出的【增量】对话框中设置自定义的尺寸增量值，如图 2-99所示。

修改增量值后，勾选【增量】对话框中【成为默认值】复选框，新设定的值即成为以后的默认增量值。

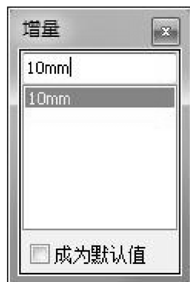


图 2-99 【增量】对话框

2.5 草图综合训练

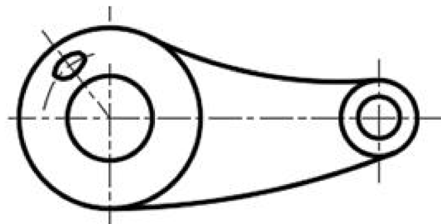
绘制草图除了要掌握草绘中的图元命令之外，更应该熟悉二维图形的基本要求，图纸要保持清晰、整齐、完整以及合理。

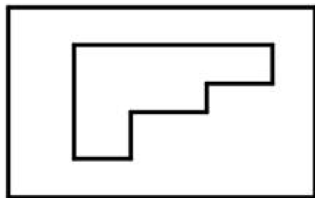
对于新手来说，绘制二维图形最大问题不是命令的掌握程度，而是不知道从何处开始绘制。当然，还有其他次要问题，下面我们就来说说这些问题。

1. 难点一：从何处着手？

二维图形的绘制首先要找到参考基准，从参考基准（绘制参照）开始绘制。

- 一般来说，在有圆、圆弧或椭圆的图中，参考基准就是其圆心，如图 2-100 所示。如果有多个圆出现，那么以最大圆的圆心作为参考基准中心。
- 如果整个图形中没有圆，那么从测量基准点开始绘制，也就是左下角点或者左上角点（从左到右的绘图顺序），如图 2-101 所示图形。


图 2-100 以圆心为参考基准


图 2-101 以角点作为参考基准

● 某些图形中有圆、圆弧或椭圆等，但不是测量基准，不足以作为参考基准使用，那么仍然以左下角点为参考基准中心，如图 2-102 所示。

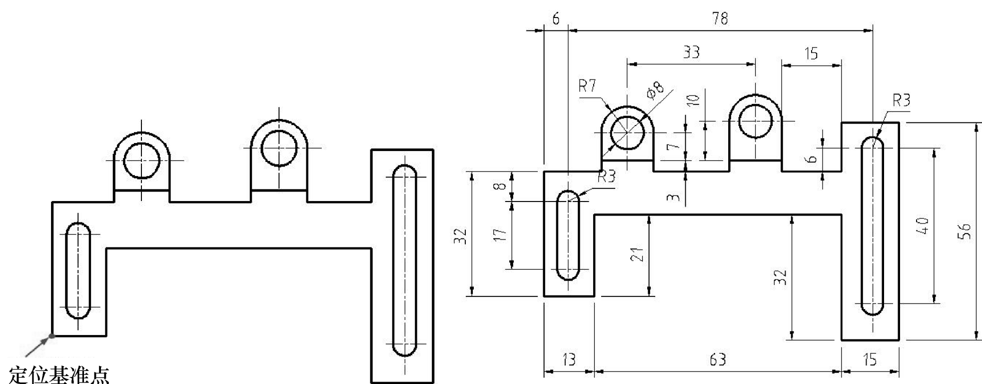


图 2-102 图形中有圆但圆心不能作为参考基准的情况

综上所述，对于参考基准不是很明确的情况，我们要进行综合分析，首先要确定图形中的圆是不是主要的轮廓线；其次确定是不是测量基准（对于有尺寸的图形来讲）。若没有尺寸标注，最后需要分析这个圆是不是主要轮廓圆（主要轮廓是以【此截面是否为主体特征截面】而言的），若不是主要轮廓，则以直线型图形的角点作为参考基准中心。

2. 难点二：图形的结构分析

新手绘图的第二个难点莫过于图形的结构分析了。看见一个图形后，首先要分析此图形的结构。为什么要分析结构？理由很简单，就是要找到快速绘图的捷径。

● 对称结构：对称结构的图形，我们会用到草绘环境中的镜像工具 镜像，先绘制对称中心线一侧的图形，再镜像出另一侧的图形，如图 2-103 所示。

● 旋转结构：对于此结构图形，可以先在水平或者竖直方向上绘制图形，然后使用旋转调整大小工具 旋转调整大小 旋转一定角度，从而减少倾斜绘制图形的麻烦，如图 2-104 所示。

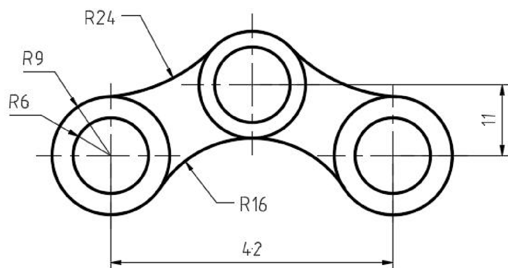


图 2-103 对称结构

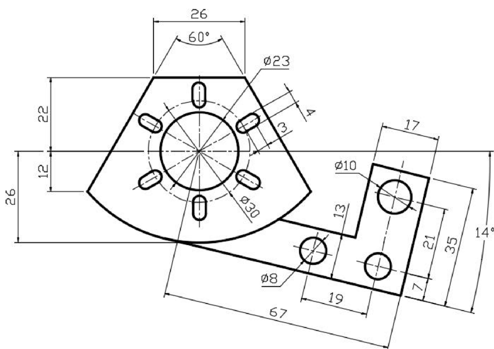
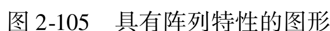


图 2-104 旋转结构

● 阵列结构：具有阵列特性的图形分线性阵列和圆形阵列两种。在 Creo 中，线性阵列和圆形可以使用复制、选择性粘贴工具完成，不过有些繁琐，一次只能阵列一个成员。具有阵列特性的图形，如图 2-105 所示。


图 2-105　具有阵列特性的图形

3. 难点三：确定作图顺序

每一个二维几何图形都由已知线段、中间线段和连接线段构成。找到绘制的基准中心以后，接着就以【已知线段→中间线段→连接线段】的顺序展开绘制。

例如，绘制手柄支架草图的步骤如下。

（1）先绘制出基准线和定位线，如图 2-106 所示。

（2）绘制已知线段，如标注尺寸的线段，如图 2-107 所示。

（3）绘制中间线段，如图 2-108 所示。

（4）绘制接线段，如图 2-109 所示。

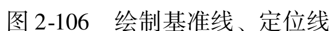
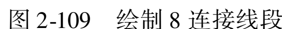

图 2-106　绘制基准线、定位线


图 2-107　绘制已知线段


图 2-108　绘制中间线段


图 2-109　绘制 8 连接线段

这三种线段的特点如下。

- 已知线段：在图形中起到定形和定位作用的主要线段，定形尺寸和定位尺寸齐全。
- 中间线段：主要起到定位作用，定形尺寸齐全，定位尺寸只有一个。另一个定位由相邻的已知线段来确定。

● 连接线段：起连接已知线段和中间线段的作用，只有定形尺寸，无定位尺寸。

技巧点拨

一副完整图形的尺寸包括定形尺寸和定位尺寸。【定形尺寸】是指用于确定几何图形中图元形状大小的尺寸，如直径\半径尺寸、长度尺寸、角度尺寸等。【定位尺寸】是指从基准点、基准线引出的距离尺寸，可以用来表达圆弧圆心位置、圆弧轮廓位置等，如图 2-110 所示。

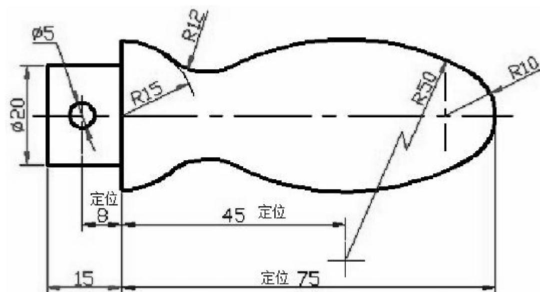


图 2-110　定形尺寸和定位尺寸

下面举例介绍草图绘制的过程和分享作图经验。

案例 1　绘制草图一

练习文件路径：\上机操作\结果文件\Ch02\草图一.sldprt
演示视频路径：\视频\Ch02\绘制草图一.avi

建模方法解析

参照如图 2-111 所示的图纸绘制草图，注意其中的水平、竖直、同心、相切等几何关系。其中绿色线条上的圆弧半径都是 R3。

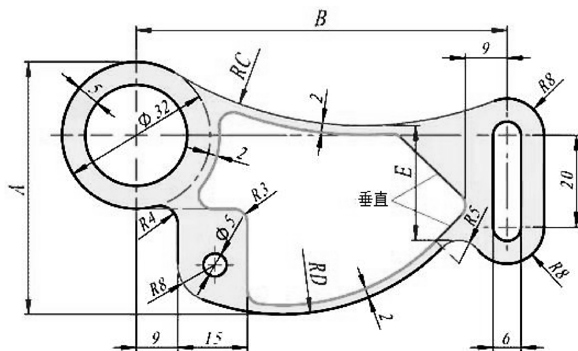


图 2-111　草图一

绘图分析：

（1）参数：A = 54，B = 80，C = 77，D = 48，E = 25。

（2）此图形结构比较特殊，许多尺寸没有直接给出，需要经过分析得到，否则容易出错。

（3）图形内部有一个完整的封闭环，这部分图形也是一个完整图形，但这个内部图形的

定位尺寸参考均来自于外部图形中的【连接线段】和【中间线段】。所以绘图顺序是先绘制外部图形，再绘制内部图形。

（4）可以轻松确定绘制的参考基准中心为∅32 圆的圆心，从标注的定位尺寸可以看出。作图顺序的图解如图 2-112 所示。

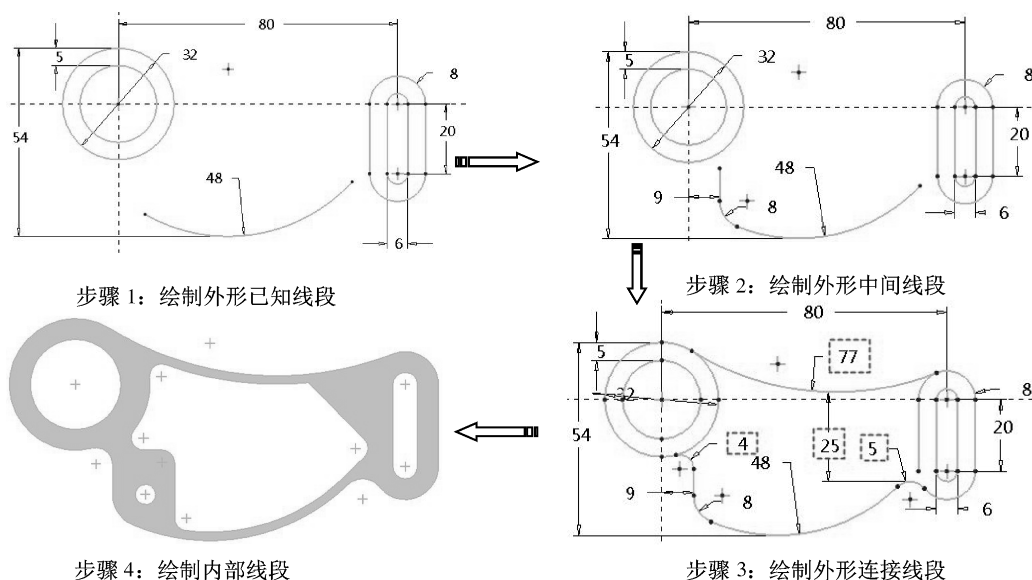


图 2-112　作图顺序图解

设计步骤：

01 新建 SolidWorks 零件文件。在【草图】选项卡中单击【草图绘制】按钮，选择上视基准面作为草图平面，进入草绘环境中，如图 2-113 所示。

02 绘制图形基准中心线。本例以坐标系原点作为∅32 圆的圆心。绘制的基准中心线如图 2-114 所示。

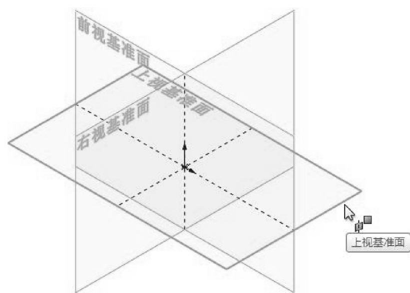


图 2-113　选择草图平面

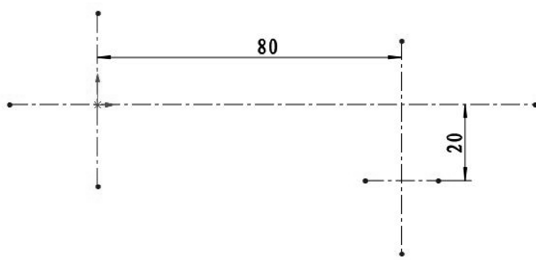


图 2-114　绘制基准中心线

03 首先绘制外部轮廓的已知线段（既有定位尺寸也有定形尺寸的线段）。

● 单击【圆】按钮，在坐标系原点绘制两个同心圆，进行尺寸约束，如图 2-115 所示。

● 依次使用【直线】按钮、【圆】按钮、【等距实体】按钮、【剪裁实体】按钮，绘制出右侧部分（虚线框内部分）的已知线段，然后单击删除段按钮进行修

剪，如图 2-116 所示。

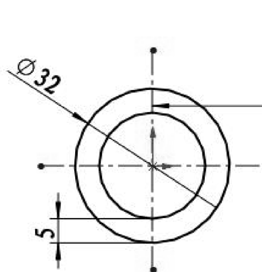


图 2-115　绘制同心圆

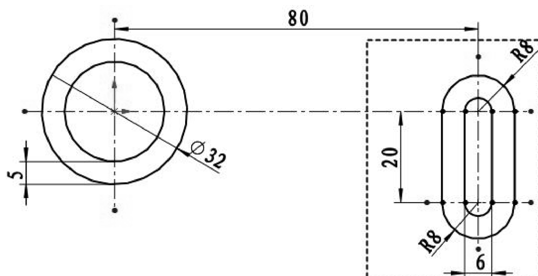


图 2-116　绘制右侧的已知线段

● 单击 3 点圆弧(T) 按钮，绘制下方的已知线段（R48）的圆弧，如图 2-117 所示。

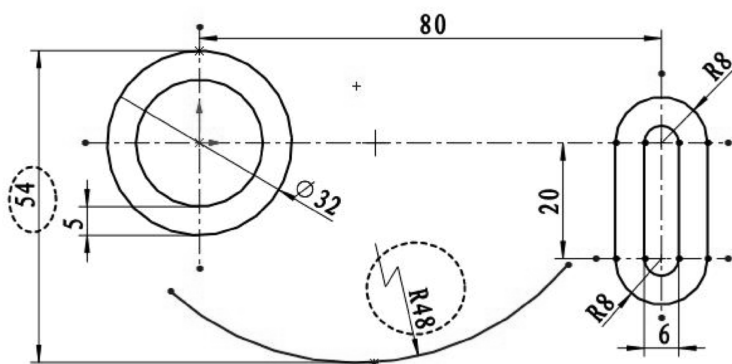


图 2-117　绘制下方的已知线段

04　接着绘制外部轮廓的中间线段（只有定位尺寸的线段）。

● 单击【直线】按钮，绘制标注距离为 9 的竖直直线，如图 2-118 所示。

● 单击【绘制圆角】按钮，在竖直线与圆弧（半径 48mm）交点处创建圆角（半径为 8mm），如图 2-119 所示。

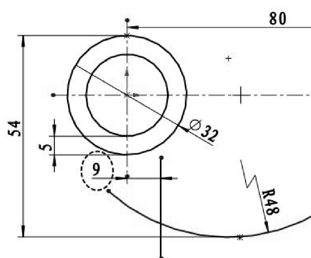


图 2-118　绘制竖直直线

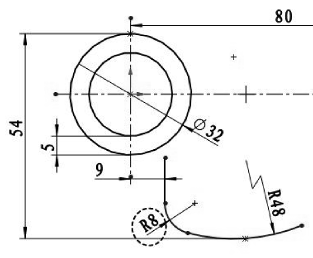


图 2-119　创建圆角

技巧点拨	本来这个∅8 圆角曲线属于连接线段类型，但它的圆心同时也是里面∅5 圆的圆心，起到定位作用，所以这段圆角曲线变成了【中间线段】。

05　绘制外部轮廓的连接线段。

● 绘制一条水平线，如图 2-120 所示。

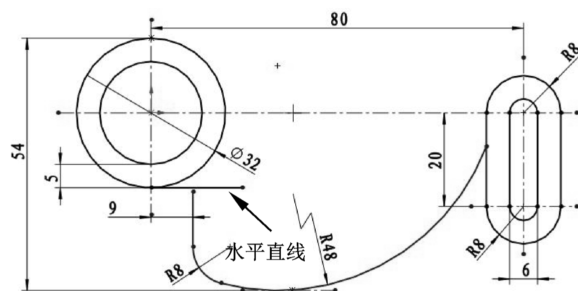


图 2-120　绘制水平直线

● 单击【绘制圆角】按钮，创建第一段连接线段曲线（圆角半径 R4）。
● 单击【三点圆弧】按钮，创建第二段连接线段圆弧曲线（圆半径 R77），两端与相接圆分别相切，如图 2-121 所示。

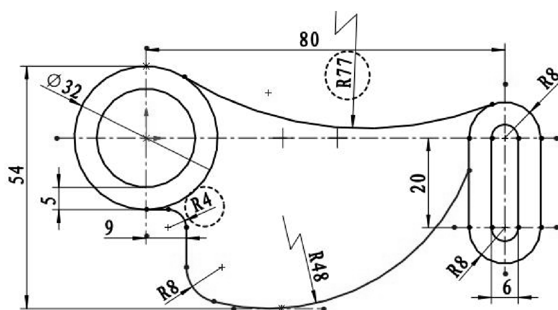


图 2-121　绘制圆角与圆弧

● 单击【圆】按钮，绘制直径为∅10 的圆，作为水平辅助构造线，先将上水平构造线与 R77 圆弧进行相切约束，接着设置两水平构造线之间的尺寸约束（尺寸 25），最后将∅10 圆分别与 R48 圆弧、水平构造线和 R8 圆弧进行相切约束，如图 2-122 所示。

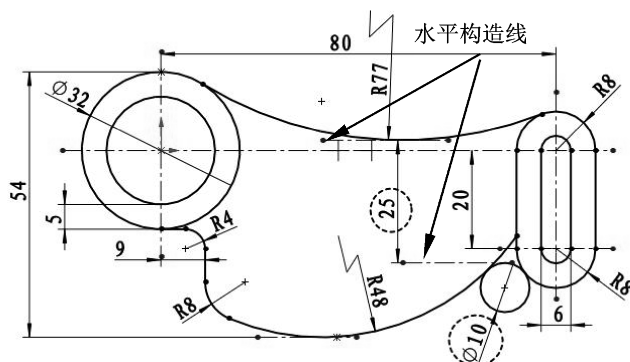


图 2-122　绘制构造线、圆并进行尺寸和几何约束

● 修剪∅10 圆，并重新尺寸约束修剪后的圆弧，如图 2-123 所示。

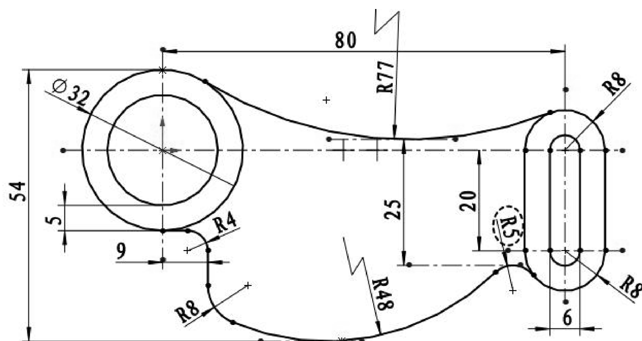


图 2-123　修剪圆

06　最后绘制内部图形轮廓。

- 单击【等距实体】按钮，偏移出如图 2-124 所示的内部轮廓中的中间线段。
- 单击【直线】按钮，绘制 3 条直线，如图 2-125 所示。

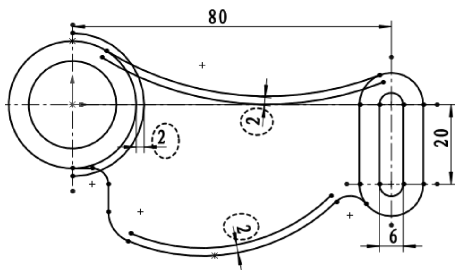


图 2-124　创建 3 条等距曲线

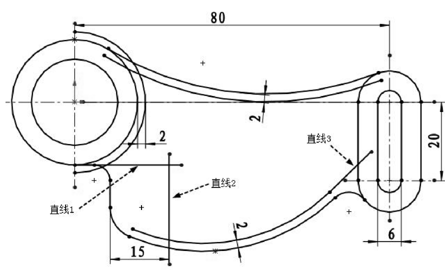


图 2-125　绘制 3 条直线

- 单击【直线】按钮，绘制第 4 条直线，利用垂直约束使直线 4 与直线 3 垂直约束，如图 2-126 所示。
- 单击【绘制圆角】按钮，创建内部轮廓中相同半径（R3）的圆角，如图 2-127 所示。

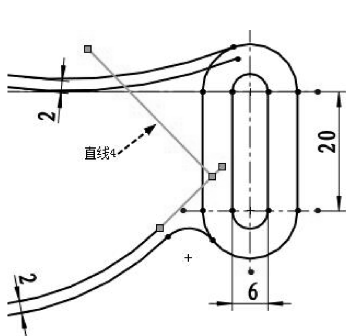


图 2-126　绘制直线 4

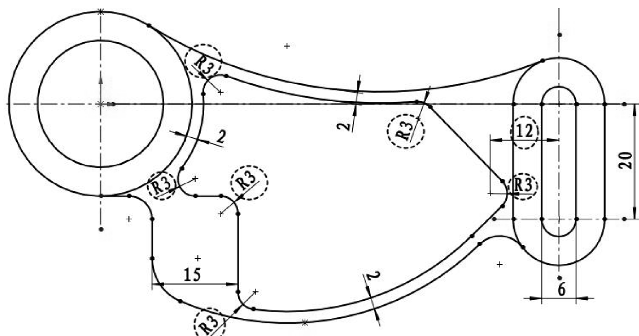


图 2-127　创建内部轮廓的圆角

- 单击【剪裁实体】按钮修剪图形，结果如图 2-128 所示。
- 单击圆心和点按钮，在左下角圆角半径为 R8 的圆心位置上绘制直径为∅5 的圆，如图 2-129 所示。

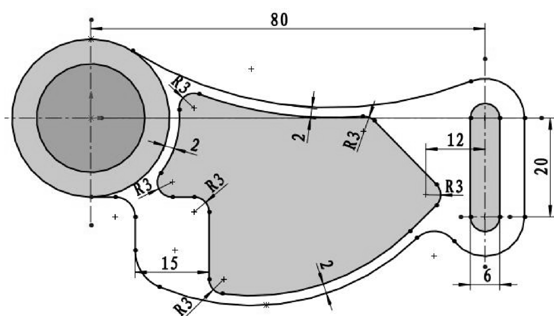


图 2-128　修剪图形

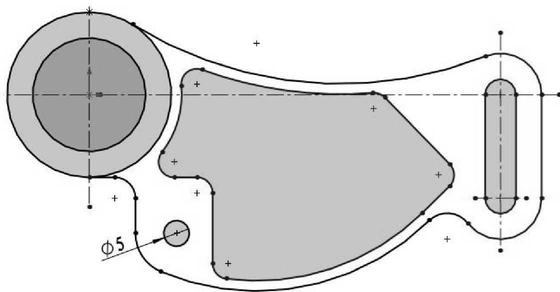


图 2-129　绘制圆

07　至此，完成本例草图的绘制。

案例 2　绘制草图二



练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch02 \ 草图二 . sldprt

演示视频路径：\ 视频 \ Ch02 \ 创建草图二 . avi

建模方法解析

本例要绘制的手柄支架草图如图 2-130 所示。

绘图分析：

要绘制一个完整的平面图形，需要对图形作尺寸分析。在本例中，手柄支架图形主要有尺寸基准、定位尺寸和定形尺寸。图形的线段主要包括已知线段、连接线段和中间线段。

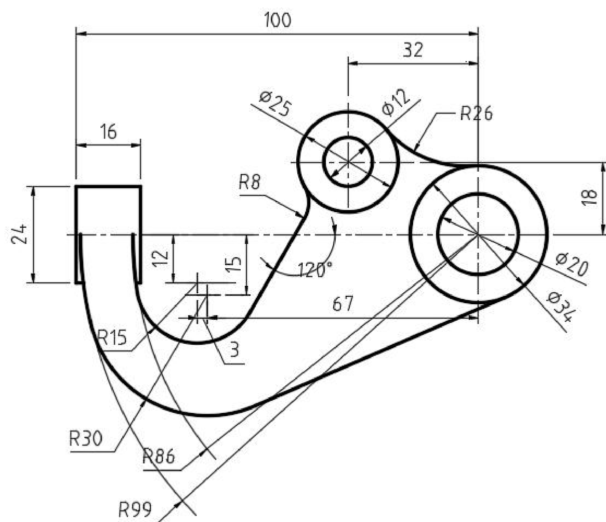


图 2-130　手柄支架草图

绘制手柄支架草图的步骤如下。

（1）先绘制出基准线和定位线，如图 2-131 所示。

（2）绘制已知线段，如标注尺寸的线段，如图 2-132 所示。

（3）绘制中间线段，如图 2-133 所示。

（4）绘制画连接线段，如图 2-134 所示。

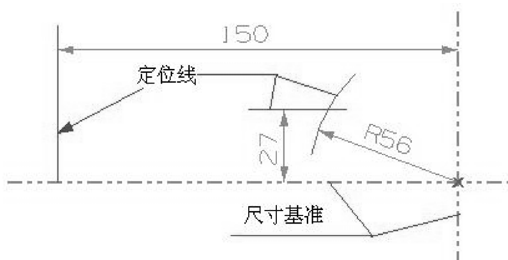


图 2-131　绘制基准线、定位线

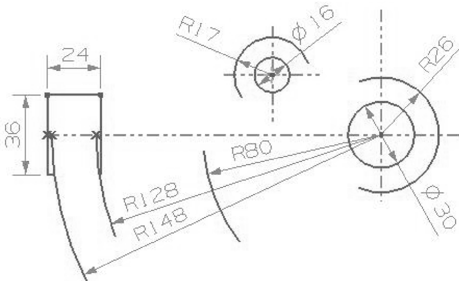


图 2-132　绘制已知线段

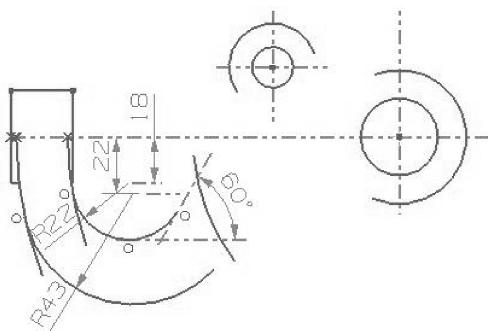


图 2-133　绘制中间线段

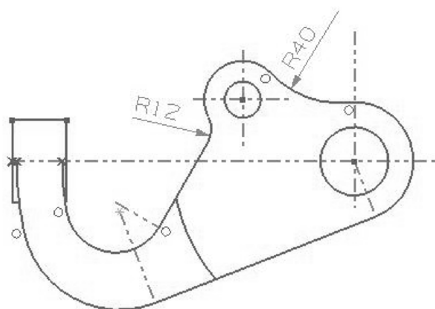


图 2-134　绘制连接线段

设计步骤：

01　新建 SolidWorks 零件，选择前视图作为草绘平面，进入草图模式中。

02　使用【中心线】工具，在图形区中绘制如图 2-135 所示的中心线。

03　使用【圆弧】工具，采用【圆心/起/终点画弧】类型在图形区中绘制半径为 56 的圆弧，并将此圆弧设为构造线，如图 2-136 所示。

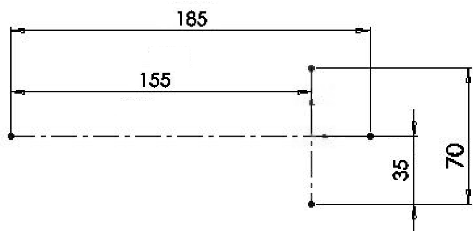


图 2-135　绘制中心线

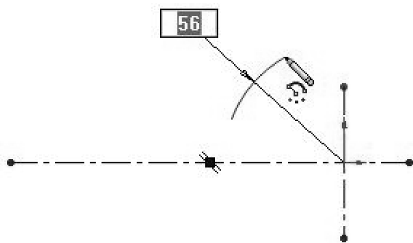
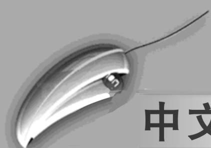


图 2-136　绘制圆弧

技巧点拨	将圆弧设为构造线，是因为圆弧将作为定位线而存在的。

04　使用【直线】工具，绘制一条与圆弧相交的构造线，如图 2-137 所示。

05　使用【圆】工具在图形区中绘制 4 个直径分别为 52mm、30mm、3mm4、16mm 的



圆，如图 2-138 所示。

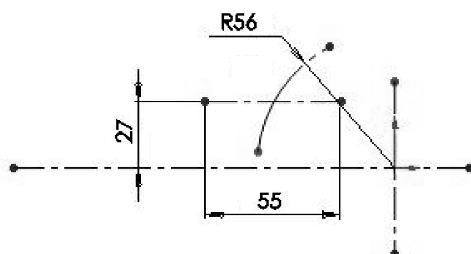


图 2-137　绘制构造线

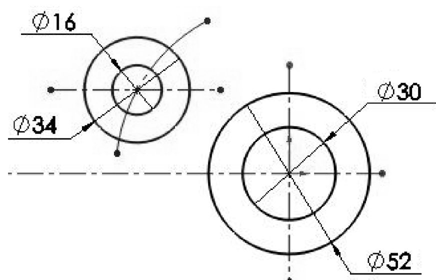


图 2-138　绘制 4 个圆

06 使用【等距实体】工具，选择竖直中心线作为等距参考，绘制出两条偏距为分别 150mm 和 126mm 的等距实体，如图 2-139 所示。

07 使用【直线】工具绘制出如图 2-140 所示的水平直线。

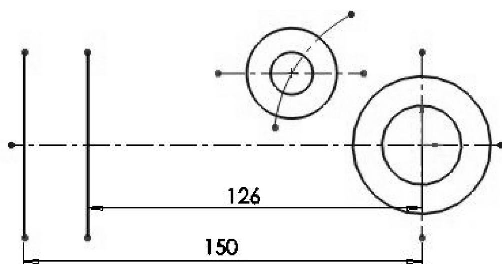


图 2-139　绘制等距实体

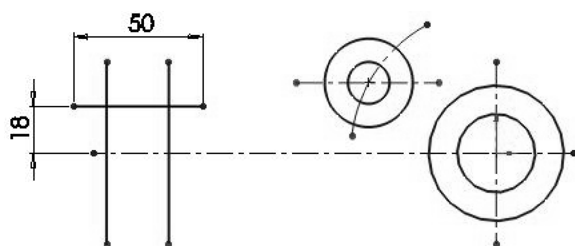


图 2-140　绘制水平直线

08 在【草图】选项卡中单击【镜像实体】按钮，属性管理器中显示【镜像实体】面板。按信息提示在图形区选择要镜像的实体，如图 2-141 所示。

09 勾选【复制】复选框，并激活【镜像点】列表，然后在图形区选择水平中心线作为镜像中心，如图 2-142 所示。

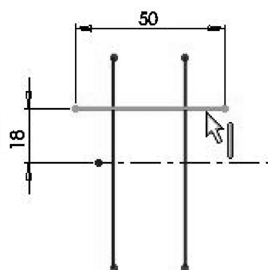


图 2-141　选择要镜像的实体

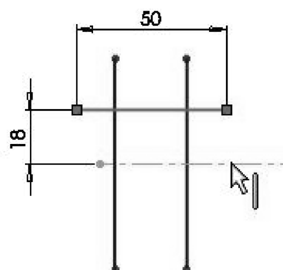


图 2-142　选择镜像中心线

10 单击【确定】按钮，完成镜像操作，如图 2-143 所示。



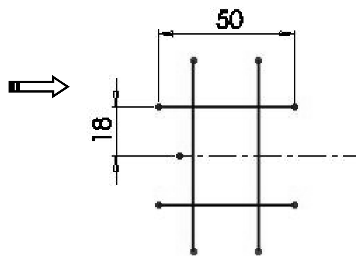


图 2-143　完成镜像操作

11 使用【圆弧】工具，采用【圆心/起/终点】类型在图形区绘制两条半径分别为148和128的圆弧，如图2-144所示。

12 使用【直线】工具，绘制两条水平短直线，如图2-145所示。

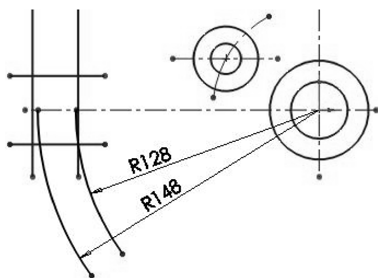


图 2-144　绘制圆弧

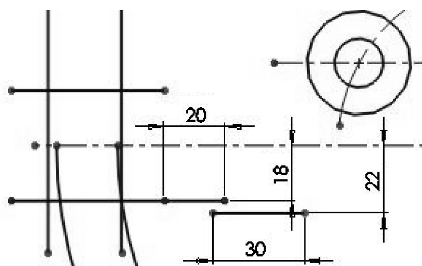


图 2-145　绘制短直线

技巧点拨	如果绘制的圆弧不是所需的圆弧，而是圆弧的补弧，则在确定圆弧的终点时可以顺时针或逆时针调整为需要的圆弧。

13 使用【添加几何关系】工具，将前面绘制的所有图线固定。

14 使用【圆弧】工具，选择【圆心/起/终点】类型，在图形区中绘制半径为22的圆弧，如图2-146所示。

15 使用【添加几何关系】工具，选择如图2-147所示的两段圆弧，将其几何约束为【相切】。

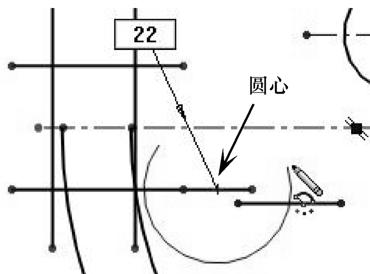


图 2-146　绘制半径为22的圆弧

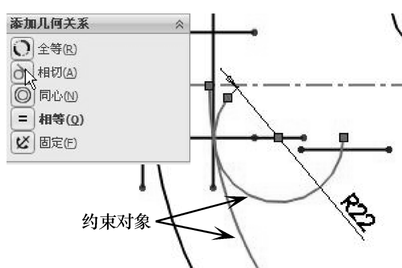


图 2-147　相切约束两圆弧

16 同理，绘制半径为43mm的圆弧，并添加几何约束，使其与另一圆弧相切，如图2-148所示。

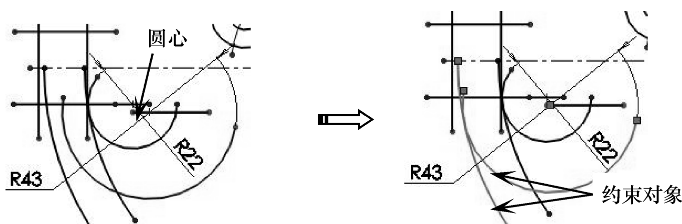


图 2-148　绘制圆弧并添加几何约束

17 使用【直线】工具，绘制一条直线构造线，使之与半径为 22 的圆弧相切，并与水平中心线平行，如图 2-149 所示。

18 使用【直线】工具再绘制直线，使该直线与上步骤绘制的直线构造线呈 60 度。添加几何关系，使其相切于半径为 22mm 的圆弧，如图 2-150 所示。

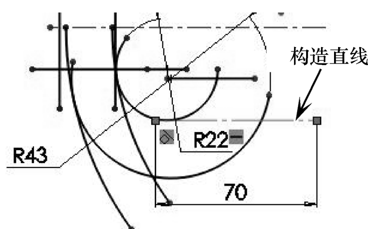


图 2-149　绘制水平构造直线

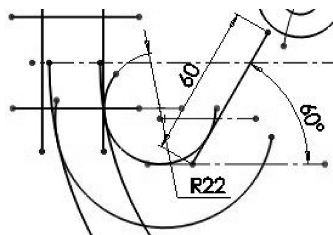


图 2-150　绘制角度直线

19 使用【剪裁实体】工具，对图形进行修剪处理，结果如图 2-151 期所示。

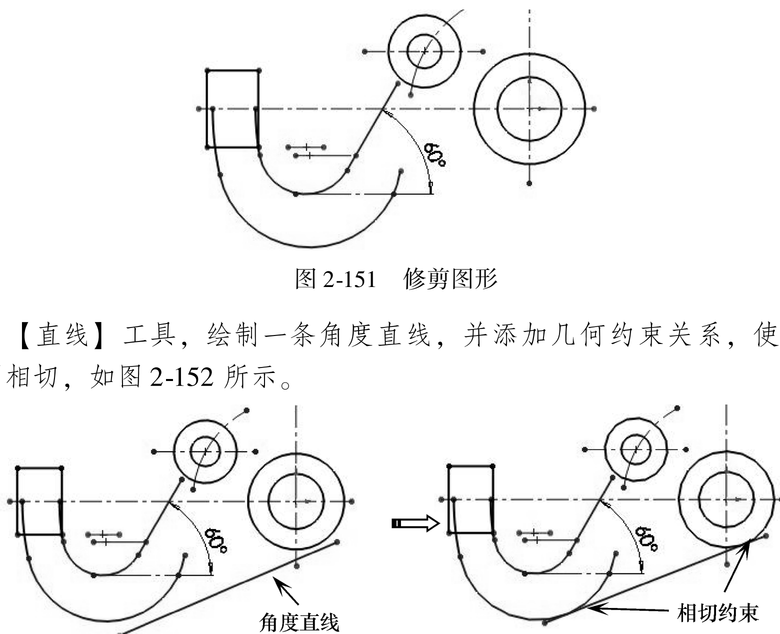


图 2-151　修剪图形

20 使用【直线】工具，绘制一条角度直线，并添加几何约束关系，使其与另一圆弧和圆相切，如图 2-152 所示。

图 2-152　绘制与圆、圆弧相切的直线

21 使用【圆弧】工具，采用【3 点圆弧】类型，在两个圆之间绘制半径为 40 的连接圆弧，并添加几何约束关系，使其与两个圆都相切，如图 2-153 所示。

22 同理，在图形区另一位置绘制半径为 12 的圆弧，添加几何约束关系，使其与角度直线和圆相切。如图 2-154 所示。

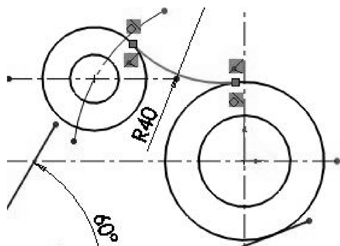


图 2-153　绘制与两圆相切的圆弧

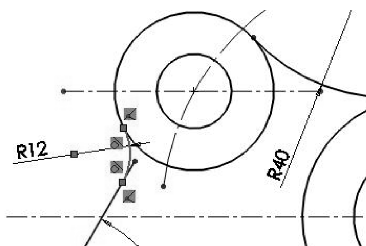


图 2-154　绘制与圆、直线相切的圆弧

技巧点拨	绘制圆弧时，圆弧的起点与终点不要与其他图线中的顶点、交叉点或中点重合，否则无法添加新的几何关系。

23 使用【圆弧】工具，以基准线中心为圆弧中心，绘制半径为 80mm 的圆弧，如图 2-155 所示。

24 使用【剪裁实体】工具，将草图中多余的图线全部修剪掉，结果如图 2-156 所示。

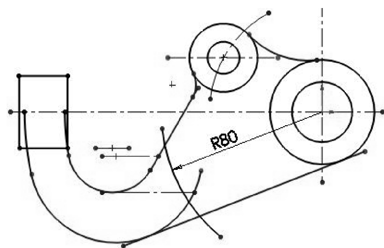


图 2-155　绘制半径为 80 的圆弧

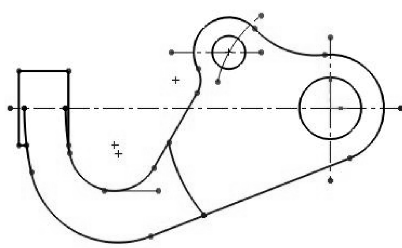


图 2-156　修剪多余图线

25 使用【显示/删除几何关系】工具，删除除中心线外其余草图图线的几何关系。然后对草图进行尺寸约束，结果如图 2-157 所示。

26 至此，手柄支架草图已绘制完成。最后在【标准】选项卡中单击【保存】按钮，将草图保存。

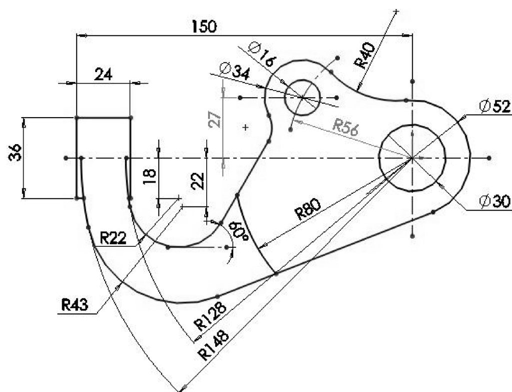


图 2-157　绘制完成的手柄支架草图

2.6 技术解惑

1. 草图中有几种几何状态？

默认情况下，草图的状态显示在属性管理器中，有的也会显示在状态栏中。在草绘过程中，用户可能会遇见以下几种草图状态。

- 欠定义：草图中有些尺寸未定义，欠定义的草图实体呈蓝色，此时草图的形状会随着鼠标的拖动而改变，同时属性管理器面板中显示欠定义符号，如图 2-158 所示。

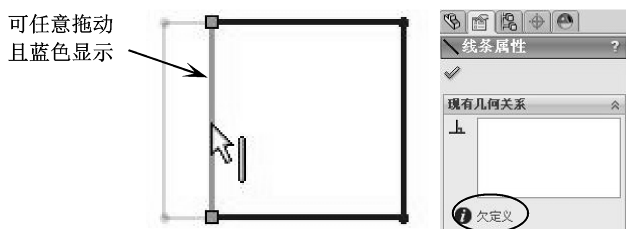


图 2-158 欠定义的草图状态

- 完全定义：所有实体呈黑色，即草图的位置由尺寸和几何关系完全固定，如图 2-159 所示。

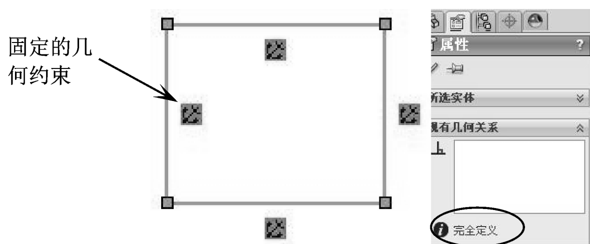


图 2-159 完全定义的草图状态

技巧点拨	在使用草图生成特征前，可以不完全标注或定义草图。但在零件完成之前，应该完全定义草图。

- 过定义：如果对完全定义的草图标注尺寸，系统会弹出【将尺寸设为从动?】属性面板，选择【保留此尺寸为驱动】单选按钮，此时的草图即是过定义的草图，状态信息在状态栏显示，如图 2-160 所示。

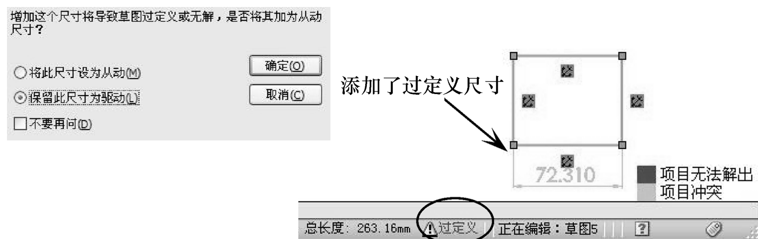


图 2-160 过定义的草图状态

● 没有找到解：草图无法解出的几何关系和尺寸，如上图所示的无法解除的尺寸。
● 发现无效的解：草图中出现无效的几何体，如零长长度直线，零半径圆弧或自相交叉的样条曲线，如图 2-161 所示。

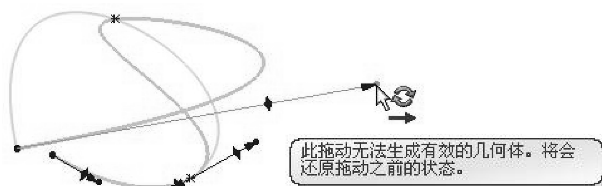


图 2-161　发现无效的解

2. 草图的【实体状况】是什么？

有时，草图中的曲线会出现各种状况，包括悬空、从动、过定义、欠定义、完全定义、无效和无解。

● 悬空：表示不能解出的草图几何体。例如，删除用来定义另一草图实体的实体，如图 2-162 所示，在 FeatureManager 设计树中草图以褐色显示。

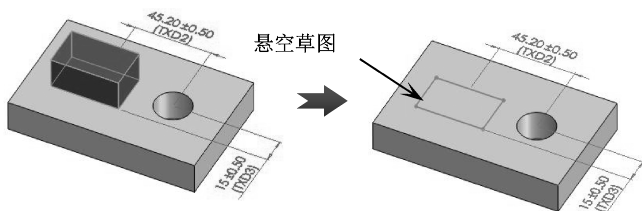


图 2-162　删除父实体产生的悬空尺寸

● 从动：表示冗余且不能修改的尺寸，一般以灰色显示。在添加冗余尺寸时，可将其设为【将此尺寸设为从动】。尺寸由红色（过定义）变成灰色。
● 过定义：表示冗余尺寸或没必要的几何关系，在 FeatureManager 设计树中和图形区域中以黄色显示。
● 欠定义：表示需要尺寸或与另一草图实体存在几何关系的草图实体，在图形区域中以蓝色显示。
● 完全定义：表示所有所需尺寸及与草图实体的几何关系都存在，无可引起草图过定义的冗余或无必要的要素，在图形区域和 PropertyManager 中以黑色显示。
● 无效：表示无效的草图曲线，生成草图而在其当前状态中无解，在图形区域中以黄色出现，如图 2-163 所示。

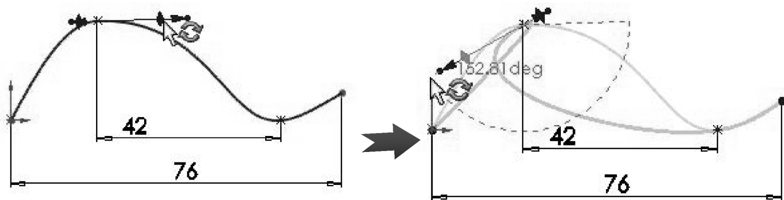


图 2-163　无效草图曲线

● 无解：表示几何体无法决定一个或多个草图曲线的位置，在图形区域中以红色出现，如图 2-164 所示。

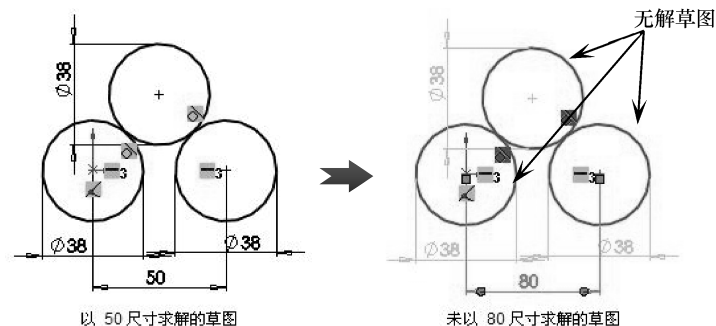


图 2-164　无解的草图

3. 草图中常见问题处理方法

（1）问：如何快速生成基准平面？

答：按住【Ctrl】键并拖动一个参考基准面可快速复制出一个等距基准面，然后在此基准面上双击鼠标以精确指定距离尺寸。

（2）问：如何快速建立草图中实体几何关系？

答：按住【Ctrl】键，用鼠标选择建立几何关系的草图实体，在 PropertyManager 属性面板中选择几何关系。

（3）问：在 FeatureManager 特征设计树中的草图名称前出现一个负号或一个正号，这代表什么意思？

答：在 FeatureManager 特征设计树上的草图名称前出现一个负号，表示草图为欠定义；在特征 FeatureManager 设计树上的草图名称前出现一个正号，表示草图为过定义。

（4）问：如何复制草图？

答：在相似的草图轮廓之间进行放样时，复制草图通常是非常有用的方式。从 FeatureManager 特征设计树中选择草图或选择草图中的一个实体，按【Ctrl】+【C】进行复制，然后选择一个基准面或平面，按【Ctrl】+【V】粘贴草图。

（5）问：如何提高草图的设计效率？

答：草图由草图单元、几何约束和草图尺寸组成，对以上三部分的组合定义即是草图的绘制过程。为提高草图的设计效率，设计步骤通常按以下顺序进行：绘制草图轮廓→定义草图单元间的几何约束关系→添加尺寸。在草图绘制过程中要充分使用约束关系，减少不必要的草图尺寸，从而使草图的构思更加清晰。

（6）问：如何更换草图绘制平面？

答：在绘制草图时，会遇到草图绘制平面选择不当的情况，此时可以更换草图绘制平面。具体操作步骤如下：在零件模型的特征管理树下选中草图，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【编辑草图平面】命令，在图形区展开特征管理树，选择新的基准平面来代替原先的草图绘制平面。最后单击【草图绘制平面】属性面板中的【确定】按钮即可。

4. 草图绘制原则

草图是三维设计建立实体模型的基础，不论采用哪种建模方式，草图都是模型结构从无

到有的第一步，但是三维设计系统中草图的地位出现了一些变化，其中心思想是设计意图由三维实体表达，草图作为实体建模基础，编辑管理特征比管理草图效率高。在绘制草图的过程中应该注意以下几个原则。



- 根据建立特征的不同以及特征间的相互关系，确定草图的绘图平面和基本形状。
- 零件的第一幅草图应该和原点定位，以确定特征在空间的位置。
- 每一幅草图应尽量简单，最好单闭环，不要包含复杂的嵌套，有利于草图的管理和特征的修改。
- 自己要非常清楚草图平面的位置，一般情况下可使用【正视于】命令，使草图平面和屏幕平行。
- 复杂的草图轮廓一般应用于二维工程图到三维模型的转化操作，正规的建模过程中最好不要应用复杂的草图。
- 尽管 SolidWorks 不要求完全定义的草图，但在绘制草图的过程中最好使用完全定义的草图。合理标注尺寸以及添加几何关系，反映了设计者的思维方式以及机械设计的能力。
- 在绘制任何草图时，只需要绘制大概形状以及位置关系，要利用几何关系和尺寸标注来确定几何体的大小和位置，这有利于提高工作效率。
- 绘制实体的时候，要注意 SolidWorks 的系统反馈和推理线，可以在绘制的过程中确定实体间的关系。在特定的反馈状态下，系统会自动添加草图元素间的几何关系。
- 先确定草图各元素间的几何关系，其次确定位置关系和定位尺寸，最后标注草图的形状尺寸。
- 中心线（构造线）不参与特征的生成，只起到辅助作用。因此，必要的时候可以使用构造线定位或标注尺寸。
- 小尺寸几何体应使用夸张画法，标注完尺寸后改成正确的尺寸。

技巧点拨	需要说明的是，所有这些绘图的原则是在使用软件的过程中逐步建立并积累起来的，并非必需遵守。草图服务于零件的各个特征，如何合理快速地建立零件的特征，与绘制草图的过程有很大的关系。有些时候可能需要故意违背某些常规的原则，以达到快速建模的目的。

第 3 章

实体特征建模

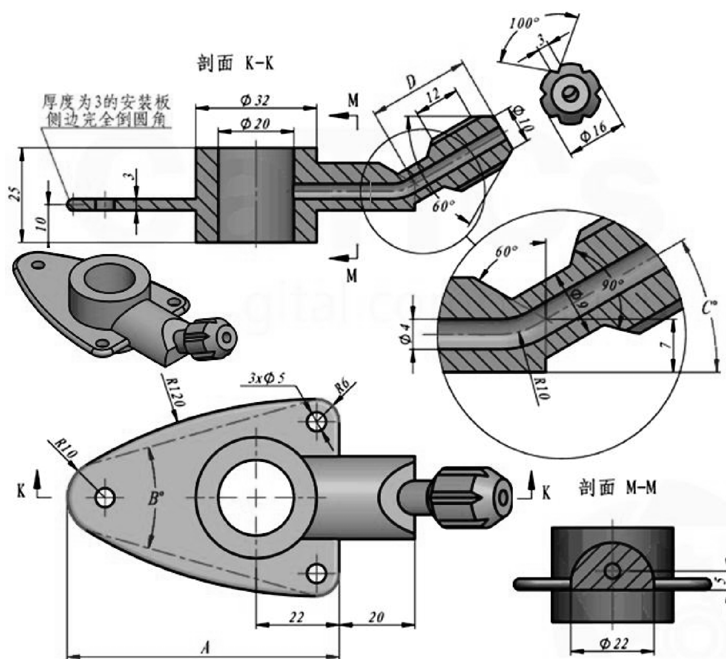


在三维建模过程中，我们把基于草图截面进行扫掠而创建的特征称为形变特征，基于特征的特征（也就是在父特征上建立的附加特征）称为工程特征。形变特征与工程特征统称为【基础特征】，这是三维建模的最根本的建模指令。

本章我们将学习 SolidWorks 2018 软件的实体特征建模方法。

案例展现

ANLIZHANXIAN

案　例　图	描　　述
	参照三视图构建摇柄零件模型，注意其中的对称、相切、同心、阵列等几何关系。 （1）参照三视图，确定建模起点在【剖面 K－K】主视图∅32 圆柱体底端平面的圆心上。 （2）基于【从下往上】、【由内向外】的建模原则。 （3）所有特征的截面曲线来自于各个视图的轮廓

3.1 特征建模概念

SolidWorks 是基于特征的实体造型软件。所谓特征就是可以用参数驱动的实体模型。【基于特征】的含义为零件模型的构建是由各种特征生成的，零件模型的设计就是特征的累积过程。

SolidWorks 中所建立的特征大致可以分为以下 3 类。

- 基础特征（加材料）：也可以称为基于草绘的特征，用于构建基本空间实体。基础特征通常要求先草绘出特征的一个或多个截面，然后根据某种形式生成基本特征。基础特征（加材料）包括拉伸特征、旋转特征、扫描特征、放样特征、边界特征等。图 3-1 为利用【拉伸凸台/基体】命令创建的拉伸加材料特征。
- 基础特征（减材料）：与加材料特征类似，也是基于草图的特征，不同的是，加材料是叠加运算的结果，减材料特征是在加材料特征中进行求差运算后的结果。图 3-2 为利用【拉伸切除】命令创建的拉伸减材料特征（切除孔）。

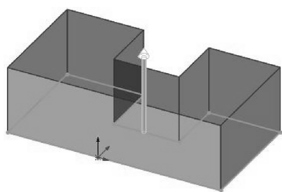


图 3-1　拉伸加材料特征

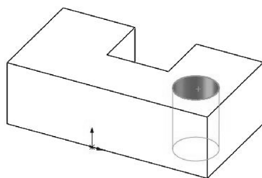


图 3-2　拉伸减材料特征

- 工程特征：也可以称为附加子特征，用于针对基础特征的局部进行细化操作。工程特征是程序提供或自定义的一类模板特征，其几何形状是确定的，构建时只需要提供工程特征的放置位置和尺寸即可。常见的工程特征包括倒角特征、圆角特征、孔特征、壳特征、筋特征等，如图 3-3 所示。

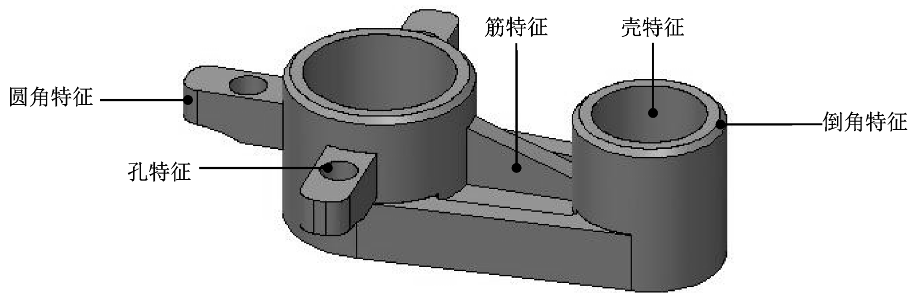


图 3-3　常见工程特征

3.2 基于草图的特征建模

在 SolidWorks 中，基于草图的特征工具包括拉伸凸台/基体、旋转凸台/基体、扫描、放样凸台/基体及边界凸台/基体等五类，如图 3-4 所示。



图 3-4　基于草图的特征工具



3.2.1　拉伸凸台/基体

【拉伸凸台/基体】工具可将横截面（草图）沿法向于草图平面的方向拉伸得到实体模型。草图横截面可以先于特征绘制，也可以在激活特征命令时进行绘制。

绘制完成草图横截面后，单击【特征】选项卡中【拉伸凸台/基体】按钮，打开如图3-5 所示的【凸台-拉伸】属性面板。



图 3-5　【凸台－拉伸】属性面板

上机操作——创建筋板零件

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch03 \ 筋板零件 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch03 \ 创建筋板零件模型 . avi

完成本次练习，您将掌握【拉伸凸台/基体】命令在零件设计中的基本用法。

01　按下【Ctrl】+【N】组合键，弹出【新建 SOLIDWORKS 文件】对话框，进入【高级】页面，选择 gb_ part 公制模板后进入建模环境。

02　在【特征】选项卡中单击【拉伸凸台/基体】按钮，选择上视基准面作为草绘平面，自动进入草绘环境中。

03　在草绘环境中绘制截面。

- 单击按钮，绘制呈中心线对称的矩形，如图 3-6 所示。
- 单击按钮，绘制 4 个半径为 R10 的圆角，如图 3-7 所示。

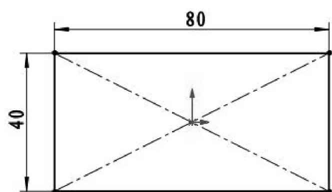


图 3-6 绘制矩形

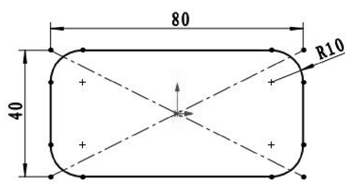


图 3-7 绘制圆角

- 单击 圆(R)按钮，绘制 5 个圆，如图 3-8 所示。
- 单击【退出草图】按钮，退出草绘环境。

04 在【凸台－拉伸】属性面板中保留默认的拉伸类型，输入拉伸高度为 10，单击【确定】按钮，完成拉伸特征的创建，如图 3-9 所示。

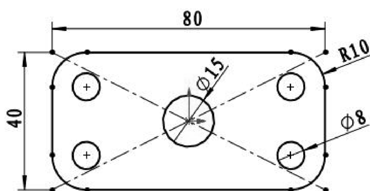


图 3-8 绘制圆

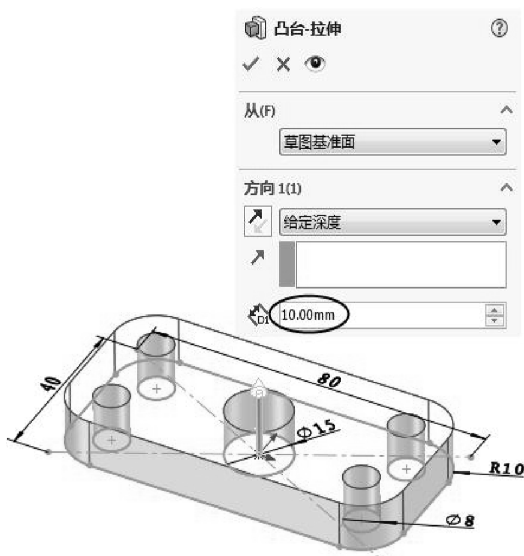


图 3-9 创建拉伸特征

05 接下来创建第二个拉伸特征。

- 选取第一个拉伸特征的表面，单击【拉伸凸台/基体】按钮，直接进入草绘环境，如图 3-10 所示。
- 单击 圆(R)按钮，绘制如图 3-11 所示的同心圆。单击【退出草图】按钮，退出草绘环境。

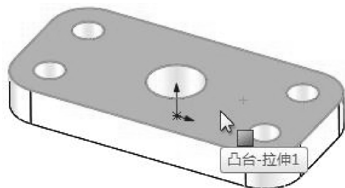


图 3-10 选择草绘平面

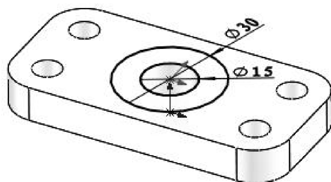


图 3-11 绘制两个同心圆

- 在【拉伸凸台/基体】属性面板中输入拉伸高度为 25，如图 3-12 所示。
- 单击【确定】按钮，完成第二个拉伸特征的创建。

06 继续创建第三个拉伸特征。

● 选择前视基准面作为草图平面，如图 3-13 所示。

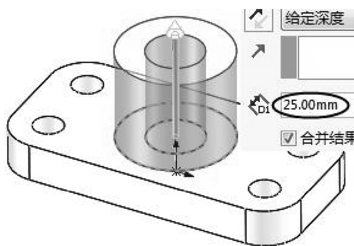


图 3-12 输入拉伸高度

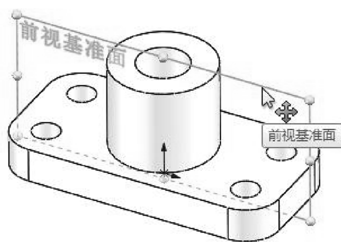


图 3-13 选择草图平面

● 进入草绘环境中，绘制如图 3-14 所示的草图截面。

● 单击【退出草图】按钮，退出草绘环境。在【拉伸凸台/基体】属性面板中设置拉伸方法为【两侧对称】，然后输入深度值为 8，如图 3-15 所示。

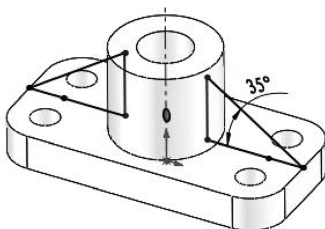


图 3-14 绘制草图截面

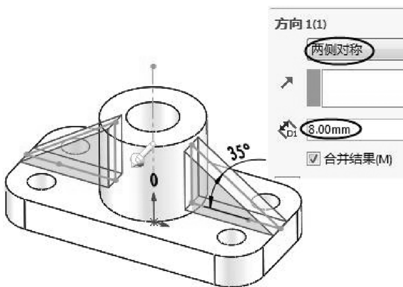


图 3-15 设置拉伸参数

07 单击【确定】按钮，完成第三个拉伸特征的创建。



3.2.2 旋转凸台/基体

【旋转凸台/基体】工具主要用于创建具有回转性质的特征，如截面为圆或圆弧的特征。

创建旋转实体特征与创建拉伸实体特征的步骤基本相同。绘制完截面草图后，在【凸台】选项卡中单击【旋转凸台/基体】按钮，弹出如图3-16所示的属性面板。

草绘旋转特征截面时，其截面必须全部位于旋转中心线一侧，并且截面必须是封闭的。

旋转特征的旋转轴可以是外部参考，也可以是内部参考。

当选择【外部参考】时，可使用现有线性几何，如以下几何类型。

● 基准轴。
● 直边。
● 直曲线。
● 坐标系的轴。

默认情况下，SolidWorks 使用内部参考，如果用户没有创建内部参考，在退出草绘环境后可选择外部参考。

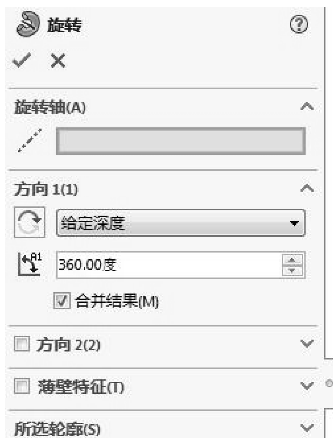


图 3-16 【旋转】属性面板

【内部参考】使用在草绘器中创建的几何中心线。这里所说的中心线是由基准的【中心线】命令绘制的，使用草绘环境下的【草绘】选项卡的【中心线】命令所创建的中心线是不能作为旋转轴的。在退出草绘环境后创建的内部参考会自动添加到参考收集器中。

技巧点拨	如果截面包含一条以上的几何中心线，则创建的第一条几何中心线将作为旋转轴。旋转轴（几何参考或中心线）必须位于截面的草绘平面中。



上机操作——创建偏心轮零件模型

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch03 \ 偏心轮 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch03 \ 创建偏心轮零件模型 . avi

完成本次练习，您将掌握【旋转凸台/基体】命令在零件设计中的基本用法。

01 按下【Ctrl】+【N】组合键，弹出【新建 SOLIDWORKS 文件】对话框，进入【高级】页面，选择 gb_ part 公制模板后进入建模环境。

02 创建旋转特征 1（父特征）。

- 单击【旋转凸台/基体】按钮，打开【旋转凸台/基体】属性面板。
- 选择前视基准面作为草绘平面，进入草绘模式。
- 绘制如图 3-17 所示的旋转剖面图，完成后单击【退出草图】按钮，退出草绘模式。
- 保留属性面板中选项的默认设置，直接单击按钮，完成旋转特征创建，结果如图 3-18所示。

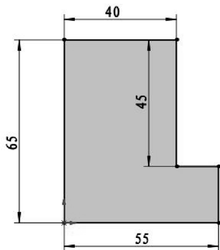


图 3-17　绘制草图

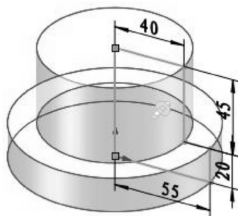


图 3-18　创建旋转凸台特征

03 创建偏移平面。单击 基准面 按钮，选择右视基准面作为参照，输入距离值为 15，完成新基准面 1 的创建，如图 3-19 所示。

04 创建基准轴。单击 基准轴 按钮，选择上步骤创建的基准面 1 与前视基准面平面，作为参照创建基准轴 1，如图 3-20 所示。



图 3-19　创建基准面 1



图 3-20　新建基准轴 1

05 创建拉伸特征 1。

- 单击【拉伸凸台/基体】按钮，以上视基准面作为草绘平面。
- 绘制如图 3-21 所示的草图。
- 退出草图环境后，在拉伸属性面板中设置反向拉伸深度为 35。
- 单击按钮，完成拉伸特征的创建，结果如图 3-22 所示。

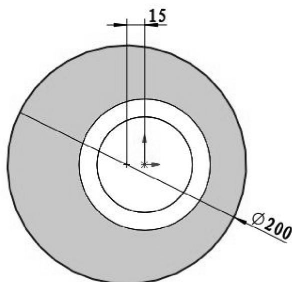


图 3-21 绘制草图

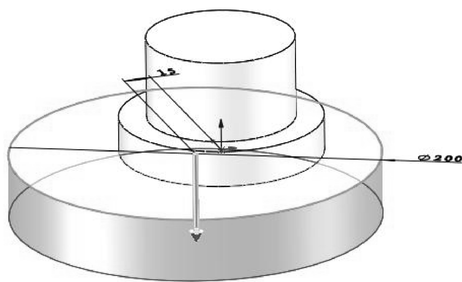


图 3-22 创建拉伸特征 1

06 创建拉伸特征 2。

- 单击【拉伸凸台/基体】按钮，选择如图 3-23 所示的面作为绘图平面。
- 绘制如图 3-24 所示的草图。
- 设置拉伸深度为 60，完成特征的创建，如图 3-25 所示。

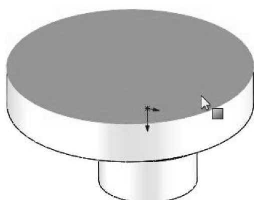


图 3-23 选择草图平面

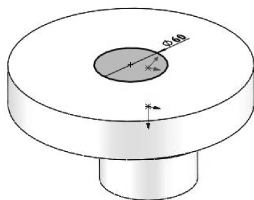


图 3-24 绘制草图

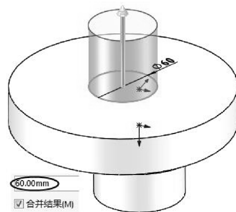


图 3-25 创建拉伸特征 2

07 创建键槽。

- 单击【拉伸切除】按钮，以右视基准面作为草绘平面，绘制如图 3-26 所示的草图。
- 在【切除－拉伸】属性面板中设置拉伸深度为 40。
- 单击【确定】按钮，完成拉伸切除特征的创建，结果如图 3-27 所示。

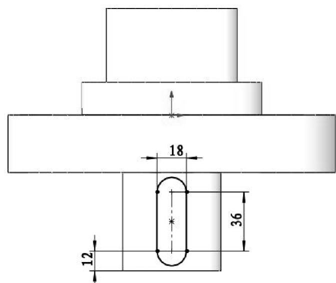


图 3-26 绘制键槽草图

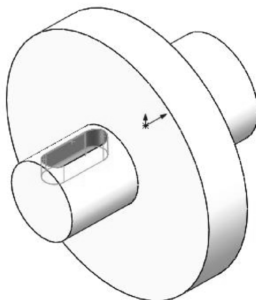


图 3-27 创建拉伸切除特征



3.2.3 扫描

【扫描】是在沿一个或多个选定轨迹扫描截面时，通过控制截面的方向、旋转和几何关系来添加或移除材料的特征创建方法。

扫描特征主要由扫描轨迹和扫描截面构成，如图 3-28 所示。扫描轨迹可以指定为现有的曲线、边，也可以进入草绘器进行草绘。扫描的截面包括恒定截面和可变截面。

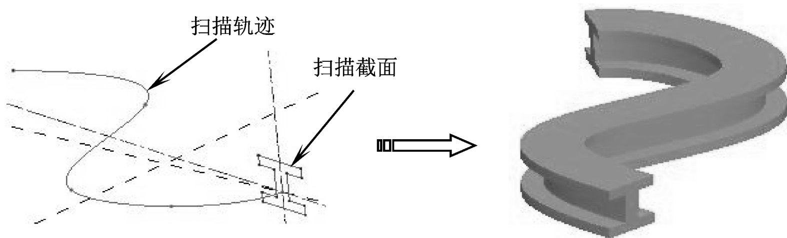


图 3-28 扫描特征的构成

在【特征】选项卡中单击【扫描】按钮，弹出【扫描】属性面板，如图 3-29 所示。

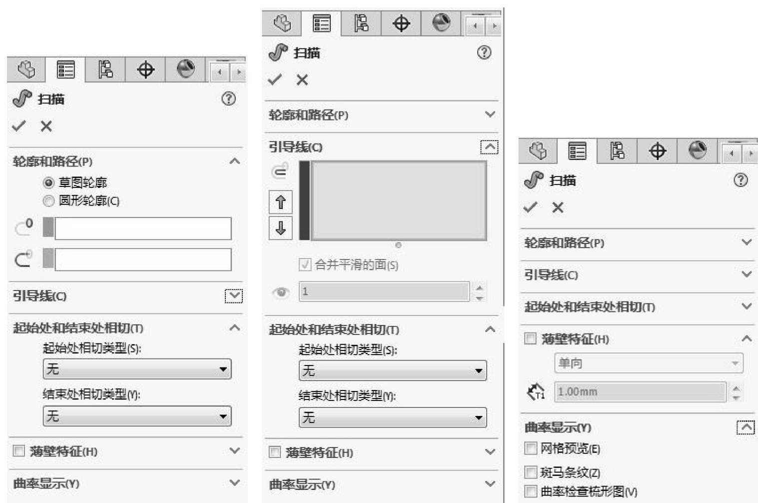


图 3-29 【扫描】属性面板

上机操作——创建麻花绳

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch03 \ 麻花绳 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch03 \ 创建麻花绳 . avi

完成本次练习，您将掌握【扫描】命令在零件设计中的基本用法。

01 按下【Ctrl】+【N】组合键，弹出【新建 SOLIDWORKS 文件】对话框，进入【高级】页面，选择 gb_ part 公制模板后进入建模环境。

02 单击【草图】选项卡中的【草图绘制】按钮，选择前视基准面，作为草绘平面，自动进入草绘环境中。

03 单击【样条曲线】按钮，绘制如图 3-30 所示的样条曲线作为扫描轨迹。完成草图绘制后退出草绘环境。

04 下一步进行扫描截面的绘制，选择右视基准面作为草绘平面。在上视基准面中绘制如图 3-31 所示的正五边形阵列。注意右侧方框位置，圆形阵列的中心与扫描轨迹线的端点对齐，阵列命令将在后面详解。

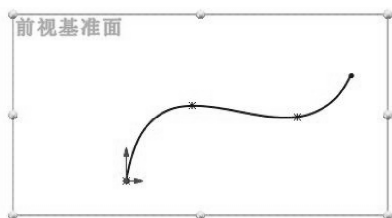


图 3-30　绘制样条曲线

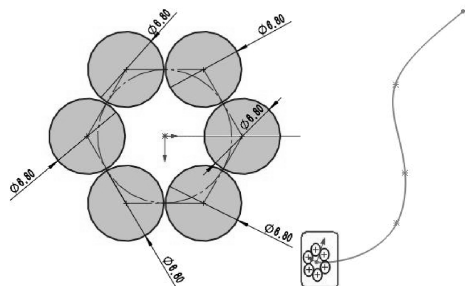


图 3-31　绘制圆形阵列

05 单击【扫描】按钮，打开【扫描】属性面板，选择如图 3-32 所示的轮廓（圆形阵列）和路径曲线（样条曲线），生成扫描预览。



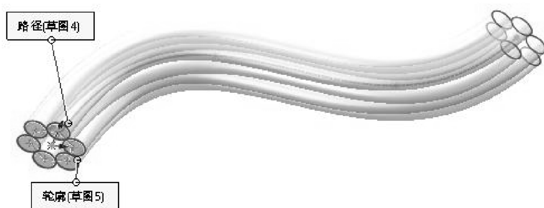


图 3-32　选择轮廓曲线和路径曲线

06 在属性面板的【选项】选项区中，选择【指定扭转值】选项，并设定扭转角度为 720，预览效果如图 3-33 所示。



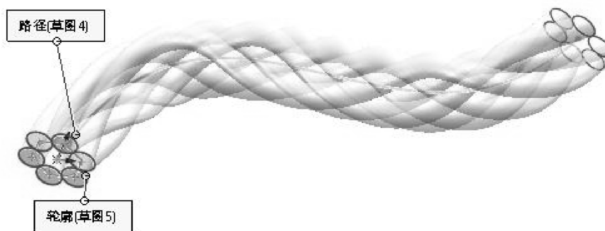


图 3-33　随路径变化扫描特征

07 单击【确定】按钮，完成麻花绳扫描特征的创建，如图 3-34 所示。

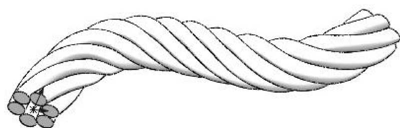


图 3-34　完成麻花绳扫描特征创建





3.2.4　放样凸台/基体

【放样凸台/基体】特征是由两个或多个草绘截面形成的一类特征，截面之间的特征形状是渐变的。

创建放样特征时，理论上各个特征截面的线段数量应相等，并且要合理地确定截面之间的对应点，如果系统自动创建的放样特征截面之间的对应点不符合用户要求，则创建放样特征时必须使用引导线。单击【放样凸台/基体】按钮 放样凸台/基体，打开如图 3-35 所示的【放样】属性面板。

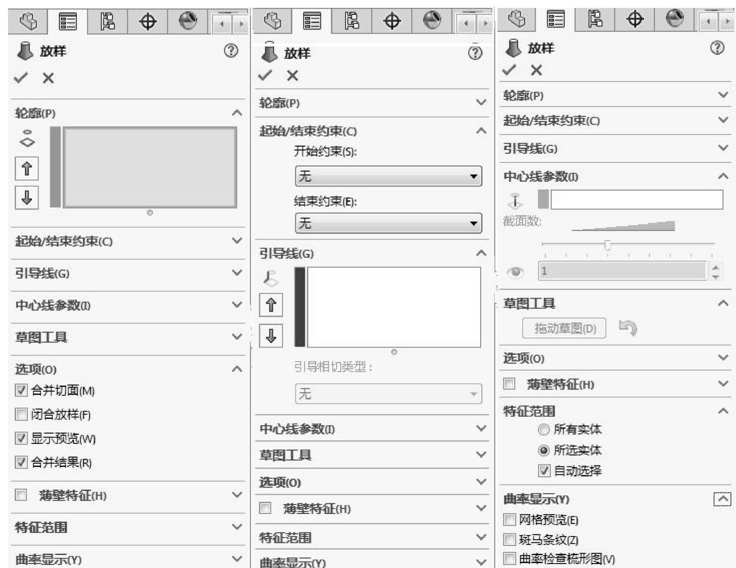


图 3-35　【放样】属性面板

简单放样特征是由两个或者两个以上的规格特征截面形成的，此时不需要专门指定各个特征截面之间融合点的对应关系，完全由系统自动生成，如图 3-36 所示。

如果放样特征各个特征截面之间的融合效果不符合用户要求，可使用带引导线的方式来创建放样特征，如图 3-37 所示。

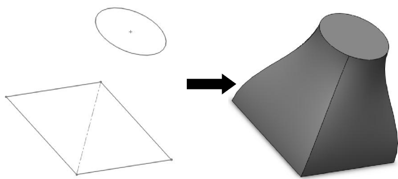


图 3-36　简单放样特征

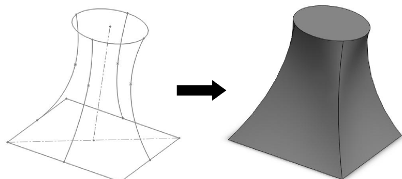


图 3-37　带引导线的放样特征

在创建放样特征过程中，各个特征截面沿着一条轨迹线扫描的同时相互融合，如图 3-38 所示。

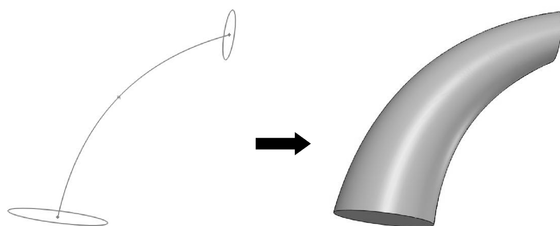


图 3-38　中心参考线的放样特征

提示	【中心线参数】选项区中的【截面数】至少要设为 50% 以上，否则放样实体无法形成要求的形状。

上机操作——创建扁瓶

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch03 \ 扁瓶 . sldprt

演示视频路径：\ 视频 \ Ch03 \ 创建扁瓶 . avi

利用拉伸、放样等方法来创建扁瓶，瓶口由拉伸命令创建，瓶体由放样特征实现。

01 按下【Ctrl】+【N】组合键，弹出【新建 SOLIDWORKS 文件】对话框，进入【高级】页面，选择 gb_ part 公制模板后进入建模环境。

02 使用【拉伸凸台/基体】工具，选择前视基准平面作为草绘平面，绘制如图 3-39 所示的圆。

03 退出草绘环境后，创建拉伸长度为 15mm 的等距拉伸实体特征，如图 3-40 所示，等距距离为 80mm。

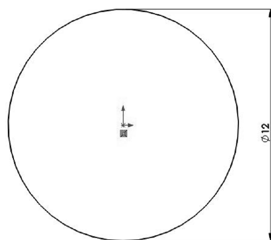


图 3-39　绘制拉伸的截面草图



图 3-40　创建等距拉伸实体

04 利用【基准面】命令，参照前视基准面平移 55mm，创建基准面 1，如图 3-41 所示。

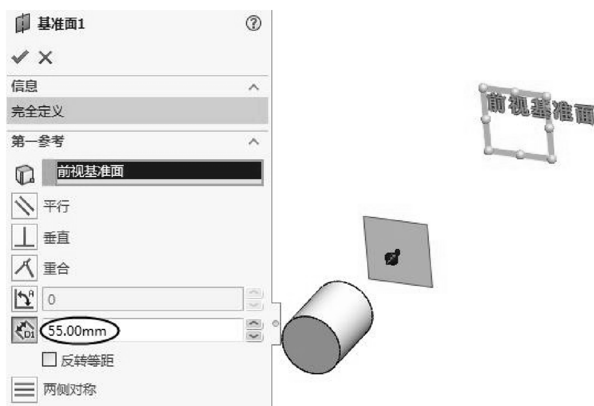


图 3-41 创建基准面

05 进入草绘环境，在前视基准面中绘制如图 3-42 所示的椭圆形，长距和短距分别为 15mm 和 6mm。

06 在新添加的基准面 1 上，绘制如图 3-43 所示的图形。

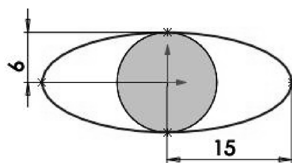


图 3-42 绘制瓶底草图

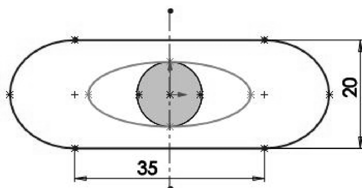


图 3-43 绘制瓶身草图

07 单击【放样凸台/基体】按钮 放样凸台/基体，打开【放样】属性面板，选择如图 3-44 所示的截面，完成扁瓶的制作。

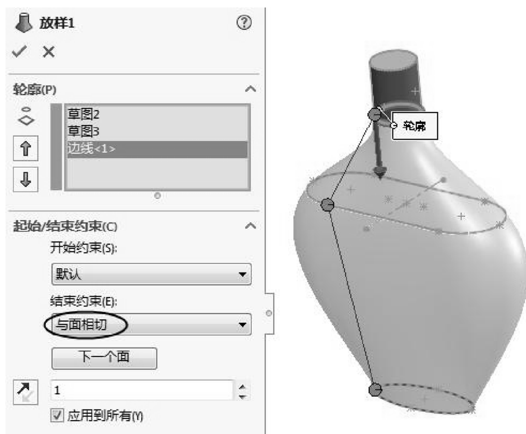
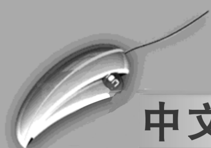


图 3-44 完成瓶身的放样

技巧点拨	使用放样特征时，选择放样轮廓的顺序非常重要，否则可能会因为生成自相交叉的几何体而无法实现放样特征命令。





3.2.5 边界凸台/基体

通过边界工具可以得到高质量、准确的特征，这在创建复杂形状时非常有用，特别是在消费类产品、医疗、航空航天、模具设计等领域。

用户可通过以下方式执行【边界凸台/基体】命令。

- 单击【特征】选项卡中的【边界凸台/基体】按钮 边界凸台/基体。
- 在菜单栏中执行【插入】|【凸台/基体】|【边界】命令。

执行【边界】命令，打开【边界】属性面板。【边界】属性面板以及创建边界凸台的过程如图 3-45 所示。

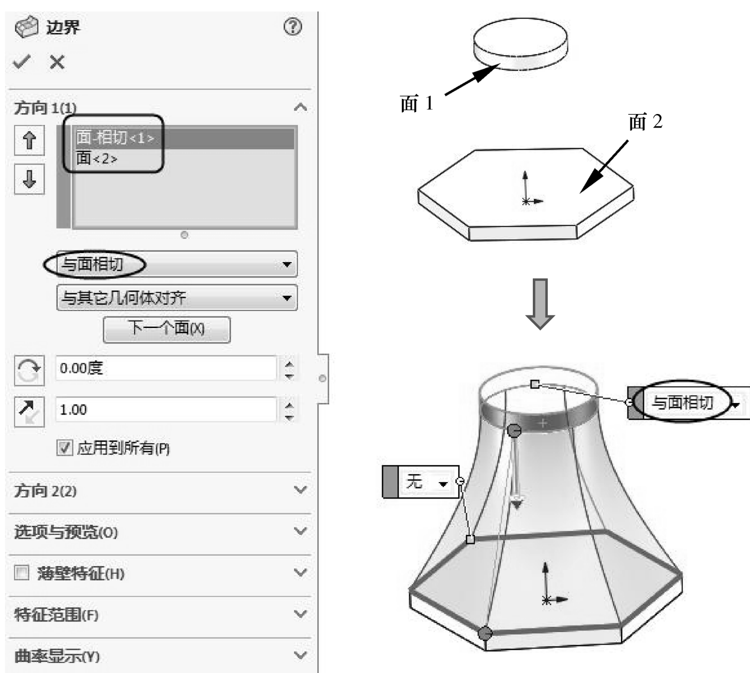


图 3-45 【边界】属性面板与创建边界凸台

3.3 形变特征设计

通过形变特征可改变或生成实体模型和曲面。常用的形变特征有自由形、变形、压凹、圆顶等，下面将详细介绍。



3.3.1 自由形

自由形可通过在点上推动和拖动在平面或非平面上添加变形曲面。

自由形特征用于修改曲面或实体的面。每次只能修改一个面，该面可以有任意条边线。设计人员可以通过生成控制曲线和控制点，然后推拉控制点来修改面，对变形进行直接的交互式控制。可以使用三重轴约束推拉方向。

技巧点拨	如果功能区的【特征】选项卡中没有【自由形】按钮，可以通过执行【工具】|【自定义】命令，在打开的【自定义】对话框的【命令】选项卡中调出此命令。

在【特征】选项卡中单击【自由形】按钮 自由形，显示【自由形】属性面板。【自由形】属性面板如图3-46所示。



图3-46 【自由形】属性面板

上机操作——自由形形变操作

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch03 \ 自由形形变 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch03 \ 自由形形变操作 . avi

01 新建 SolidWorks 零件文件。

02 利用【拉伸凸台/基体】命令，在前视基准平面上创建如图3-47所示的拉伸凸台。

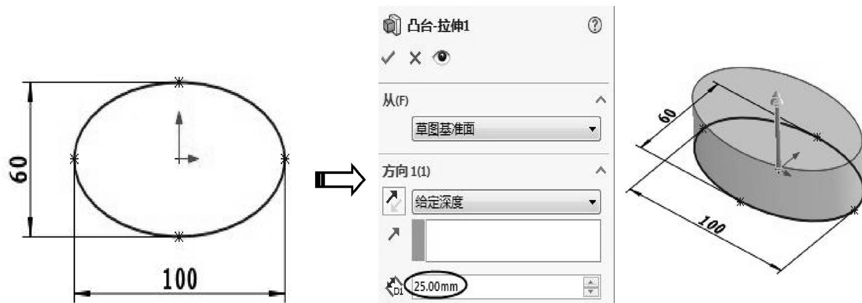


图3-47 创建拉伸凸台

03 在菜单栏中选择【插入】|【特征】|【自由形】命令，打开【自由形】属性面板。

04 在图形区选择要变形的上表面，然后在【控制曲线】选项区中选择【通过点】单选按钮，单击【添加曲线】按钮，在图形区中用鼠标在实体表面大概中间的位置添加一条曲线，如图 3-48 所示。

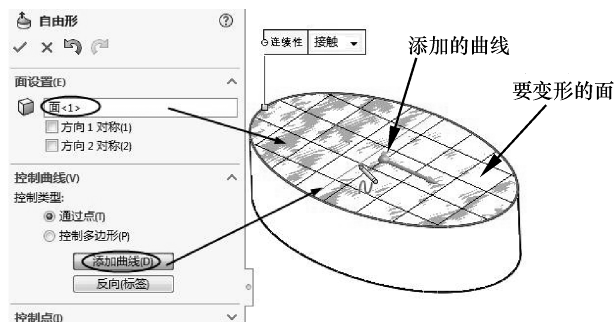


图 3-48　选择变形面和控制曲线

技术要点	控制曲线仅仅在所选变形面中生成，为绿色虚拟线。

05 在【控制点】选项区中，设置【三重轴方向】为【曲线】，单击【添加点】按钮，在曲线上均匀添加 3 个点，如图 3-49 所示。

06 再单击【添加点】按钮，并选取 3 个控制点中的其中一个点。此时在【控制点】选项最下面会出现三个方向的微调控制按钮和文本框，同时在该点上显示三重轴，如图 3-50 所示。

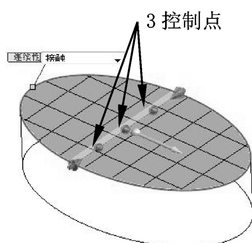


图 3-49　添加 3 个控制点

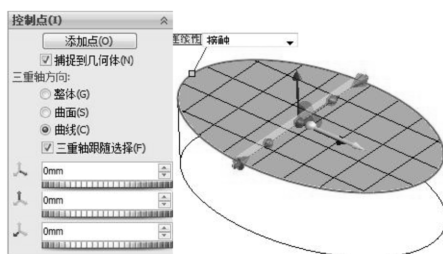


图 3-50　显示三重轴

07 只调节一个方向的坐标，如轴句柄，或者拖动三重轴上竖直方向的句柄，使所选曲面变形，结果如图 3-51 所示。

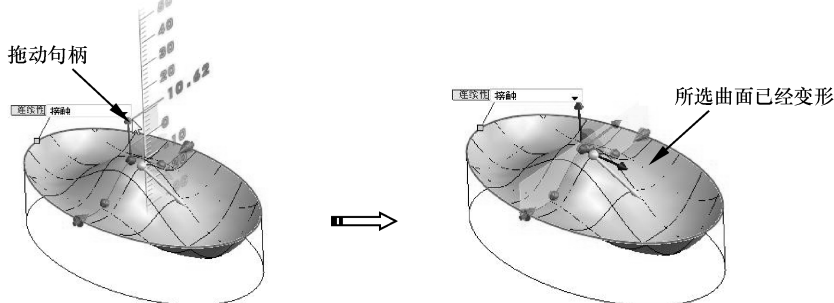


图 3-51　拖动句柄改变曲面形状

08 单击属性面板中的【确定】按钮✓，完成自由形特征创建，如图3-52所示。

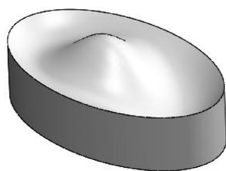


图3-52　自由形特征





3.3.2　变形

变形是将整体变形应用到实体或曲面实体。使用变形特征可改变复杂曲面或实体模型的局部或整体形状，不用考虑用于生成模型的草图或特征约束。

变形提供了一种虚拟改变模型的简单方法（无论是有机的还是机械的），这在创建设计概念或对复杂模型进行几何修改时很有用，因为使用传统的草图、特征或历史记录编辑需要花费很长时间。

技术要点	与变形特征相比，自由形可提供更多的方向控制。自由形可以满足生成曲线设计的消费产品设计师的需要。

单击【特征】选项卡中的【变形】按钮变形，显示【变形】属性面板，如图3-53所示。



图3-53　【变形】属性面板

上机操作——创建手柄

练习文件路径：\上机操作\结果文件\Ch03\手柄.sldprt
演示视频路径：\视频\Ch03\创建手柄.avi

01 新建 SolidWorks 零件文件。

02 利用【草图绘制】命令，在前视基准平面上绘制如图 3-54 所示的草图曲线。

03 单击【基准面】按钮，然后参考前视基准平面和草图曲线创建新基准面 1，如图 3-55所示。

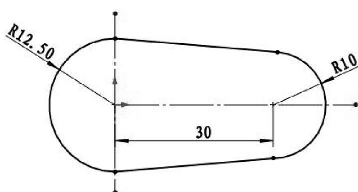


图 3-54　绘制草图

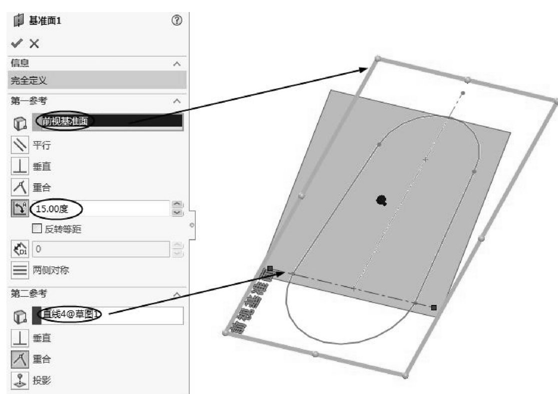


图 3-55　创建基准面 1

04 创建基准平面后，单击【拉伸凸台/基体】按钮，然后选择绘制的草图进行拉伸，如图 3-56 所示。

05 在菜单栏中执行【插入】|【切除】|【使用曲面】命令，打开【使用曲面切除】属性面板。

06 选择新建的基准平面作为切除曲面，保留正确的切除方向，单击【确定】按钮，完成切除操作，如图 3-57 所示。



图 3-56　创建拉伸特征

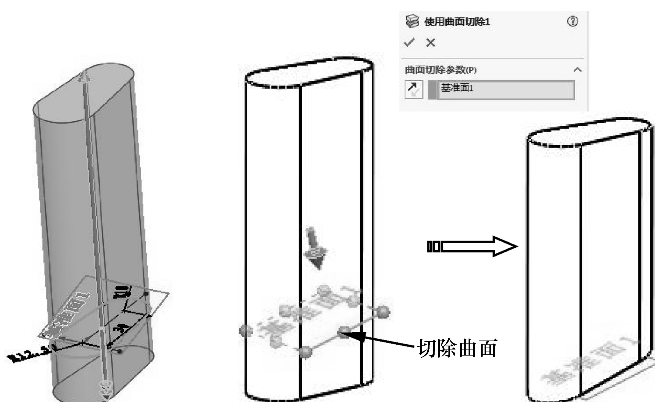
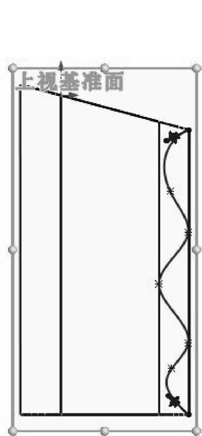


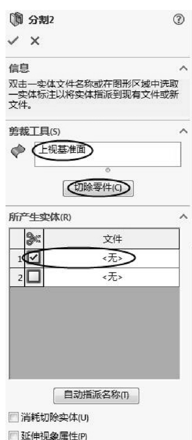
图 3-57　切除特征

07 在上视基准平面中绘制如图 3-58 所示的样条曲线（此曲线作为变形的参考）。

08 在菜单栏中执行【插入】|【特征】|【分割】命令，打开【分割】属性面板。

09 选择上视基准平面作为剪裁工具，激活【所产生实体】选项区，然后选择拉伸特征作为剪裁对象，单击【确定】按钮，完成分割，如图 3-59 所示。





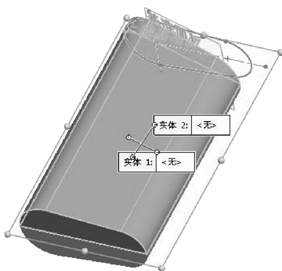


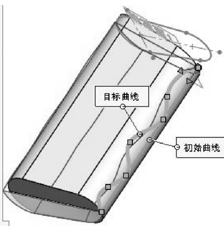
图 3-58　绘制草图　　　　图 3-59　分割拉伸特征

10 在菜单栏中执行【插入】|【特征】|【变形】命令，打开【变形】属性面板。

11 选择【曲线到曲线】变形类型，选取分割的实体边作为初始曲线，再选取上步骤绘制的样条曲线作为目标曲线，如图 3-60 所示。

12 选择固定的曲面（不能变形的区域），如图 3-61 所示。







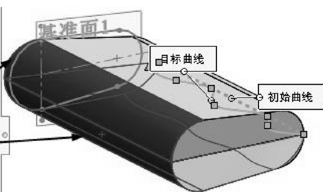


图 3-60　选取变形曲线　　　　图 3-61　选择固定曲面

13 选择要变形的实体，即分割后的两个实体，如图 3-62 所示。

14 在【形状选项】选项区中选择【中等】固定刚度，如图 3-63 所示。



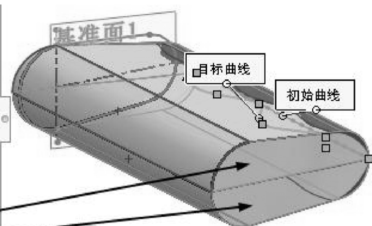
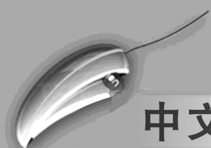




图 3-62　选择要变形的实体　　　　图 3-63　选择刚度

15 保留属性面板中其余选项的默认设置，单击【确定】按钮✓，完成变形，如图 3-64所示。



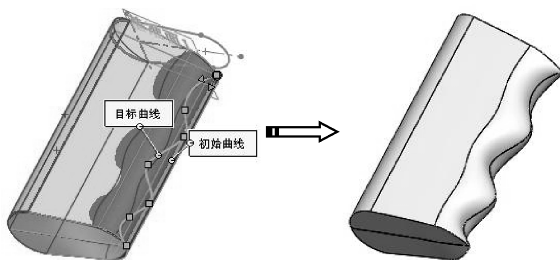


图 3-64　变形的结果



3.3.3　压凹

压凹特征以工具实体的形状在目标实体中生成袋套或突起，因此在最终实体中比在原始实体中显示更多的面、边线和顶点。这与变形特征不同，变形特征中的面、边线和顶点数在最终实体中保持不变。

压凹特征通过使用厚度和间隙值来生成特征，在目标实体上生成与所选工具实体的轮廓非常接近的等距袋套或突起特征。根据所选实体类型（实体或曲面），指定目标实体和工具实体之间的间隙，并为压凹特征指定厚度。压凹特征可变形或从目标实体中切除材料。

单击【特征】选项卡中的【压凹】按钮 压凹 后，即显示【压凹】属性面板，如图 3-65 所示。



图 3-65　【压凹】属性面板

上机操作——创建压凹特征

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch03 \ 压凹特征 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch03 \ 创建压凹特征 . avi

下面利用压凹命令设计铸模的型芯。

01　打开本例的源文件【轴 . sldprt】。

02　单击【拉伸凸台/基体】按钮，然后选择上视基准平面作为草图平面，绘制如图 3-66 所示的草图。

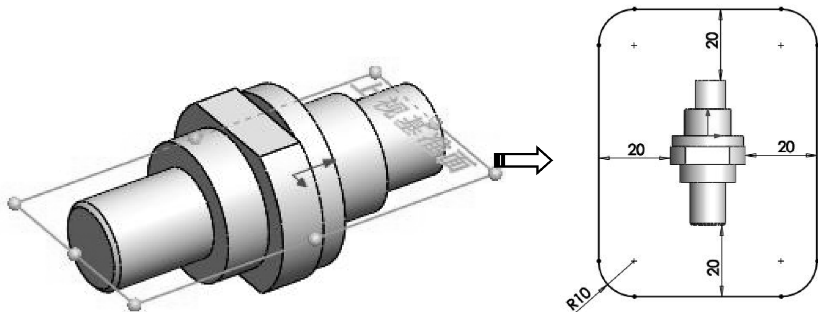


图 3-66　绘制草图

03 退出草图环境。在拉伸属性面板中设置拉伸深度及拉伸方向，取消勾选【合并结果】复选框。单击【确定】按钮✔，完成拉伸特征的创建，如图3-67所示。

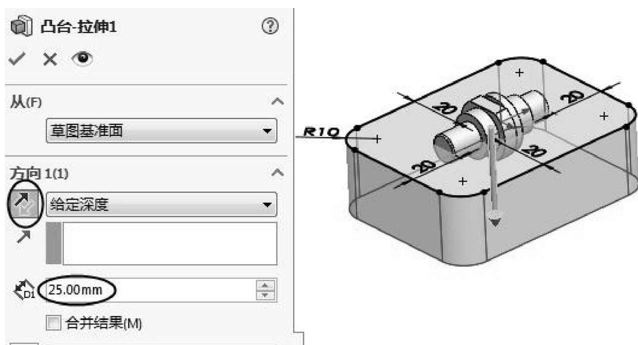
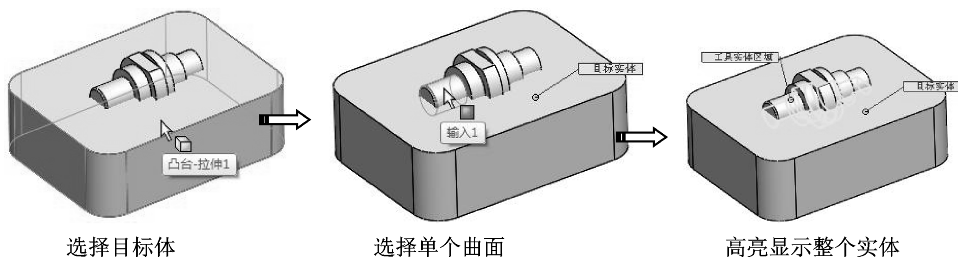


图 3-67　创建拉伸特征

04 在菜单栏中执行【插入】|【特征】|【压凹】命令，打开【压凹】属性面板。

05 选择拉伸特征作为目标实体，勾选【切除】复选框，选择轴零件上的一个面作为工具实体区域，如图3-68所示。



选择目标体　　选择单个曲面　　高亮显示整个实体

图 3-68　选择目标体和工具实体区域面

技术要点	选择轴零件的一个面，随后系统自动选取整个零件中的曲面，并高亮显示。

06 单击【确定】按钮✔，完成压凹特征的创建，如图3-69所示。

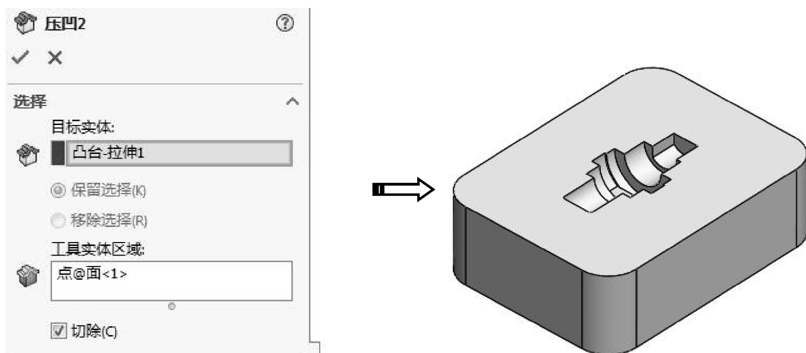


图 3-69　创建压凹特征



3.3.4　圆顶

圆顶是在已有实体的指定面上形成圆形的面。在菜单栏中执行【插入】｜【圆顶】命令，弹出【圆顶】对话框，创建圆顶的实例，如图 3-70 所示。

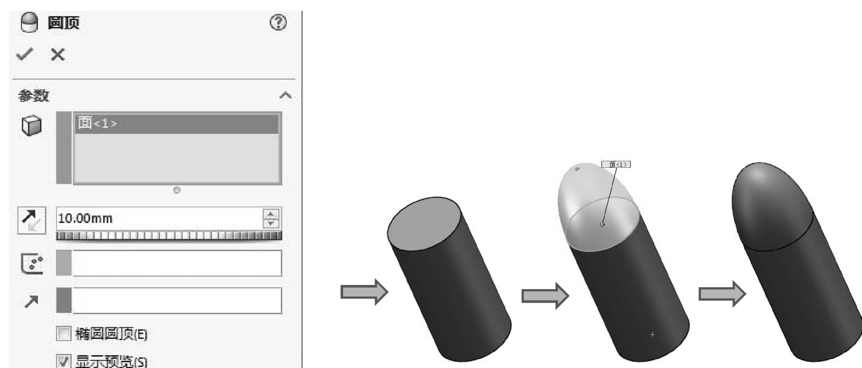


图 3-70　创建圆顶

在【圆顶】对话框中的【高度】数值框中输入圆顶的高度，单击【圆顶面】，单击需要圆顶的面，若勾选【反向】复选框，则形成凹顶，如图 3-71 所示。

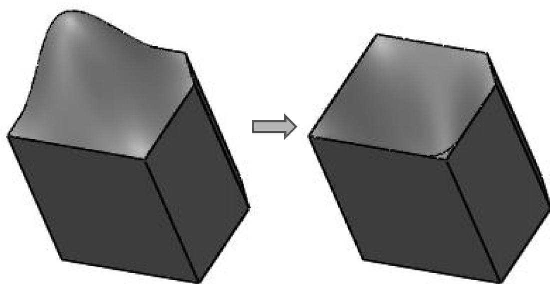


图 3-71　反向后从凸包变成凹坑

圆顶主要用在形体造型上，如 LED 灯头、手机按键、盲孔钻尖角、子弹造型等。

3.4　附加特征（工程特征）设计

SolidWorks 的工程特征主要是基于父特征而创建的实体造型，如圆角、倒角、孔、筋、拔模、抽壳等。



3.4.1　圆角和倒角

1. 圆角

圆角特征是在一条或多条边、边链或在曲面之间添加半径创建的特征。在 SolidWorks 中常见的倒圆角有四种形式：恒定大小圆角、变量大小圆角、面圆角与完整圆角。

单击【特征】选项卡中【圆角】按钮，打开【圆角】属性面板，如图 3-72 所示。

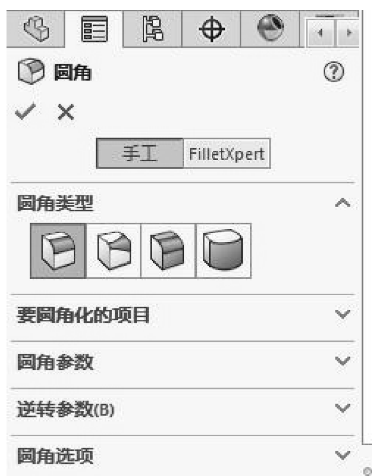


图 3-72 【圆角】属性面板

各圆角类型创建方法如下。

- 恒定大小圆角：创建恒定半径的圆角最简单，选择倒圆角的边，输入统一半径值即可，如图 3-73 所示。

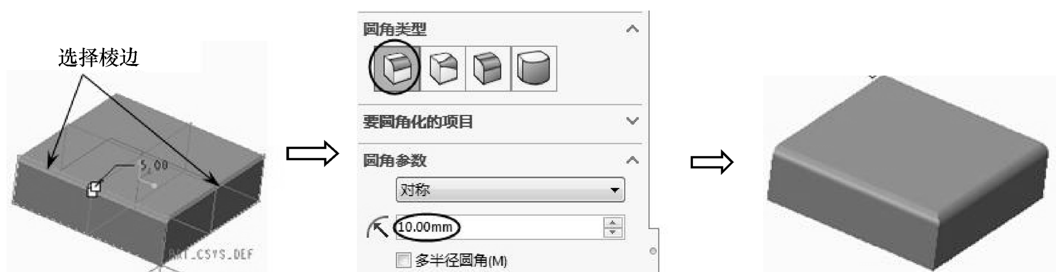


图 3-73 创建恒定大小的圆角

- 完整圆角：创建完整圆角时，需要选择实体上两个相对的面作为参考曲面，选择与参考面相交面作为驱动曲面，如图 3-74 所示。

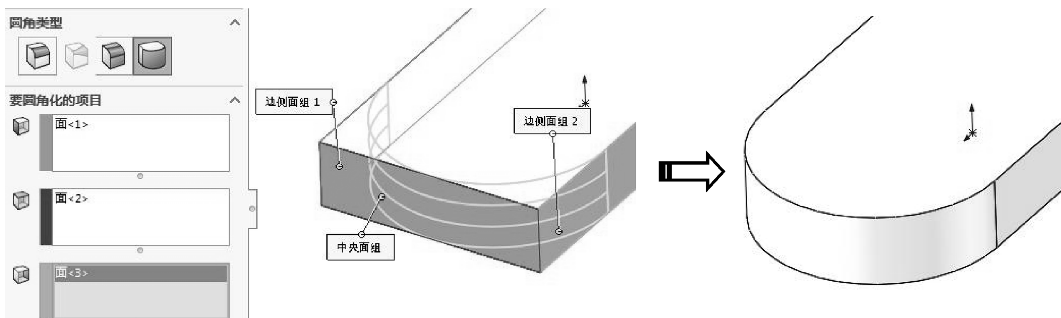
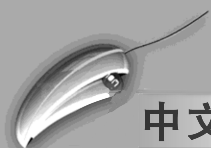


图 3-74 创建完整圆角

- 变量大小圆角：创建变量大小圆角时，在选择进行圆角操作的棱边后，在倒圆边上激活要变半径的点，在弹出的选项框中直接输入该点的半径，如图 3-75 所示。



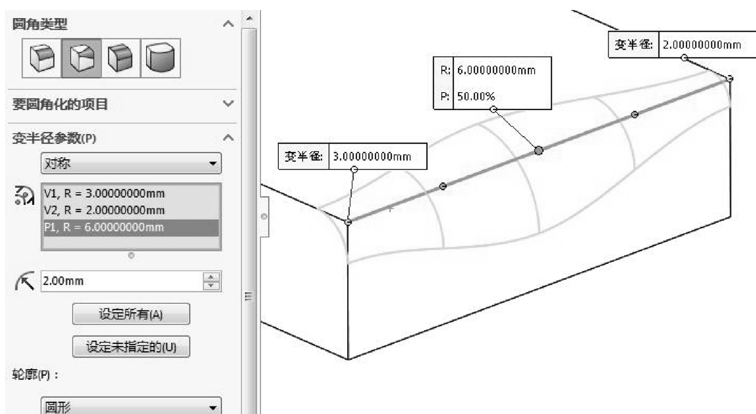


图 3-75　创建变量大小圆角

技巧点拨	设置可变半径的点称为【实例数】，可在【变半径参数】选项区的【实例数】数值框 3 中设置点的个数。

● 面圆角：选取两个相接面来创建面圆角，如图 3-76 所示。

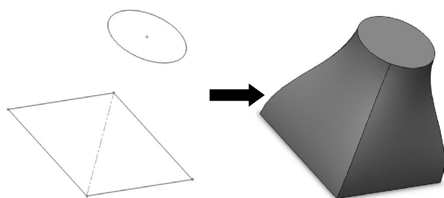


图 3-76　创建面圆角

2. 倒角

【倒角】是在所选的边线或者顶点上生成一个倾斜面的特征造型方法，它跟【圆角】命令的使用方法与成形方式相似，差别在于【倒角】成形特征是直面，而圆角成形特征是圆弧面。工程上应用倒角一般是为了去除零件的毛边或者满足装配要求。

在【特征】选项卡中单击【倒角】按钮，弹出【倒角】属性面板如图 3-77 所示，用户可对其中的参数进行设置，构建合理的倒角。

倒角类型包括如下 5 种，如图 3-78 所示。

● 等距面：在各曲面上与参照边相距 D 处创建倒角，用户只需确定参照边和 D 值即可，系统默认选择此选项。

● 距离 – 距离：在一个曲面距参照 D1、在另一个曲面距参照边 D2 处创建倒角，用户需要分别确定参照边和 D1、D2 的数值。

● 角度 – 距离：创建倒角距相邻曲面的参照边距离为 D，且与该曲面的夹角为指定角度，用户需要分别指定参照边、D 值和夹角数值。

● 面 – 面：混合非相邻、非连续的面。此倒角类型可创建对称、非对称、包括控制线和弦宽度倒角。



图 3-77　【倒角】面板

- 顶点倒角：在所选顶点每侧输入三个距离值，或单击相等距离并指定一个数值。

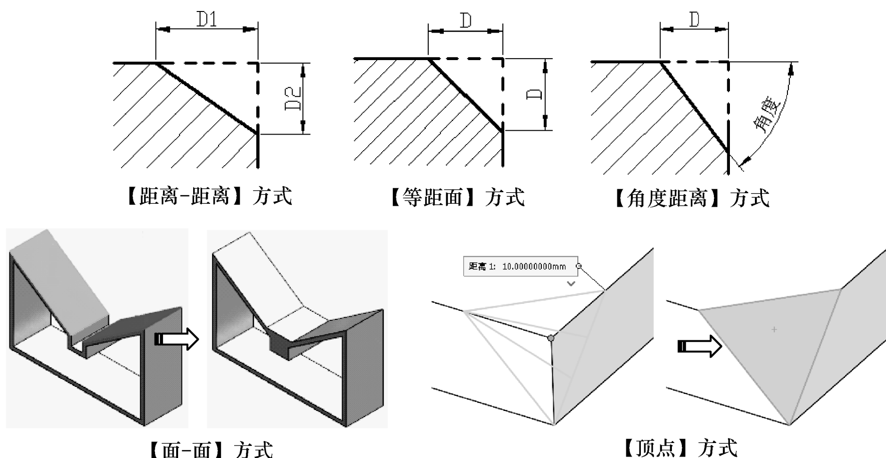


图 3-78　倒角的 5 种类型



3.4.2　孔

孔特征是机械设计中非常常见的结构特征。SolidWorks 2012 将孔特征分为简单直孔和异形孔两种类型。其中，简单孔相当于平面上绘制一个圆后拉伸切除，异形孔则包括柱形沉头孔、锥形沉头孔、孔（带钻尖角特征）、直螺纹孔、锥形螺纹孔和旧制孔，孔特征如图 3-79 所示。

1. 简单孔

单击【特征】选项卡中的【简单直孔】按钮，在模型表面选择要放置孔的位置后，打开【简单直孔】面板，如图 3-80 所示。

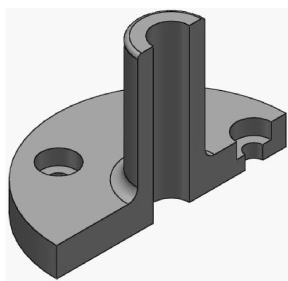


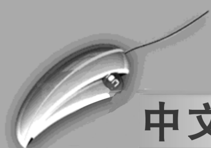
图 3-79　孔特征



图 3-80　【简单直孔】面板

【简单孔】参数含义详解如下。

- 【从】：为简单直孔特征设置开始条件，包括【草图基准面】【曲面/面/基准面】【顶点】【等距】。
- 【方向 1】：为简单直孔特征设置终止条件。



- 【设置孔的终止条件】：对孔的终止条件进行设置。
- 【设置孔深度】：在数值框中输入孔的深度值。
- 【设置孔的直径】：在数值框中输入孔的直径值。
- 【孔内拔模角度的设置】：激活拔模角度，用户可在数值框中输入拔模角度值，从而生成带拔模性质的拉伸孔特征。

2. 异形孔

单击【特征】选项卡中的【异型孔向导】按钮，打开【孔规格】面板，如图 3-81 所示。

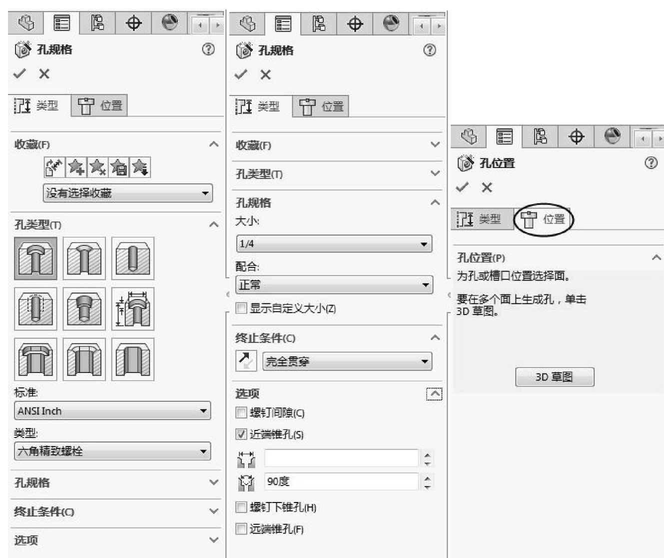


图 3-81 【孔规格】面板

不同的异形孔类型包含不同的参数，用户可根据需要选择相应的异形孔类型，并对该类型孔进行参数设置。图 3-82 中实例展示了创建螺纹孔的步骤。

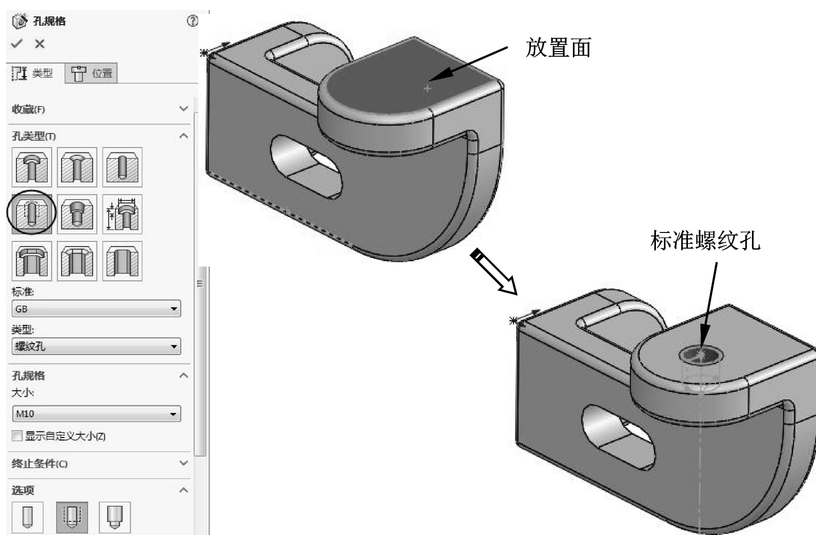


图 3-82 添加螺纹孔

在异形孔上，系统自动添加了装饰螺纹线，比起先拉伸出孔、再添加装饰螺纹的方法，异形孔添加螺纹孔的方法简便很多。



3.4.3　抽壳

抽壳可从实体零件移除材料，生成一个薄壁特征零件。抽壳会掏空零件，使所选择的面敞开，在剩余的面上留下指定壁厚的壳。若选择了实体模型上的任何面，实体零件将被掏空成一个闭合的模型。

单击【特征】选项卡中的【抽壳】按钮 抽壳，显示【抽壳】面板，选取要移除的面，设置抽壳厚度后单击【确定】按钮，完成抽壳，如图3-83所示。

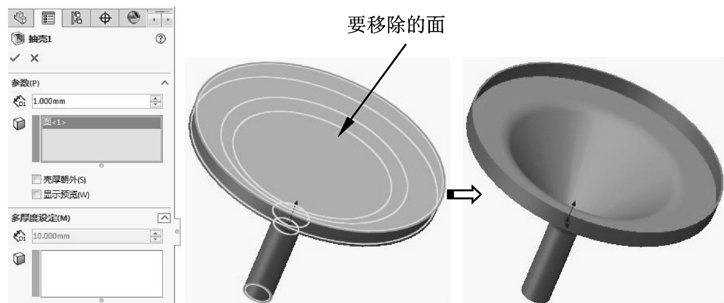


图3-83　创建抽壳特征

在【多厚度设定】选项区中，可以选择其他模型面，设定不同的抽壳厚度，如图3-84所示。

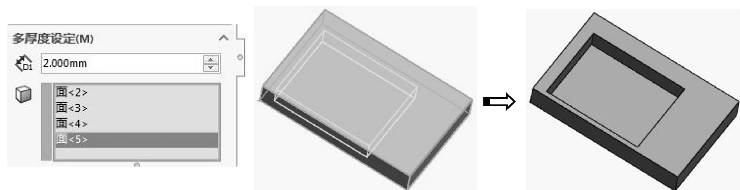


图3-84　创建不同厚度的抽壳特征



3.4.4　拔模

拔模可使用中性面或分型线按所指定的角度削尖模型面。拔模以指定的角度斜削模型中所选的面，其应用之一是使模具零件更容易脱出模具。可以在现有的零件上插入拔模，或者在拉伸特征时进行拔模。可将拔模应用到实体或曲面模型。

单击【拔模】按钮 拔模，显示【拔模】面板。【拔模】面板如图3-85所示。【拔模】面板中各选项区、选项的含义如下。

- 拔模类型：选择拔模类型，包括中性面、分型线和阶梯拔模。
- 拔模角度：垂直于中性面进行测量而设定拔模角度。
- 中性面：选取一个平面或基准面特征。如有必要，选择反向，向相反的方向倾斜拔模。

● 拔模面（仅对于中性面）：在图形区域中选取要拔模的面。



图 3-85 【拔模】面板

实体模型上生成拔模的过程如图 3-86 所示。

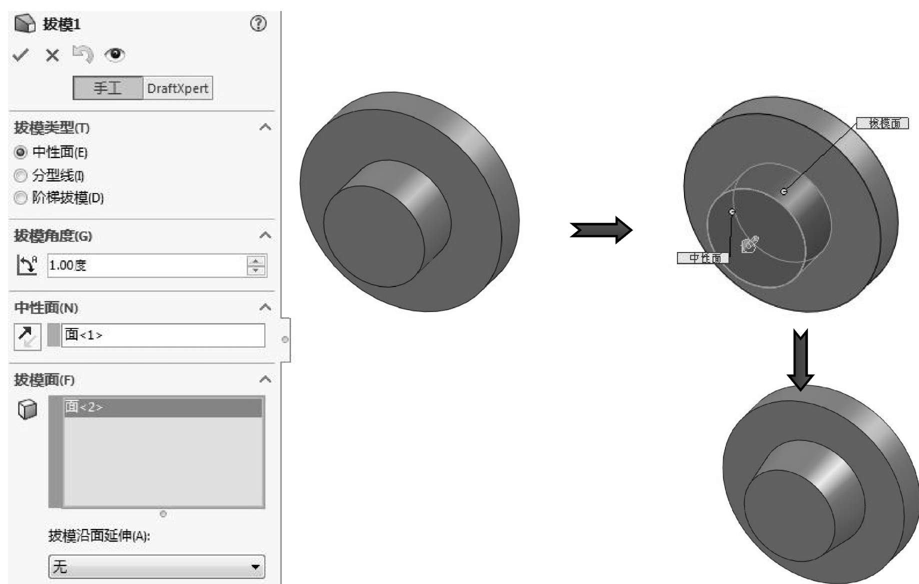


图 3-86 实体模型上生成拔模

 3.4.5 加强筋

单击【特征】选项卡中的【筋】按钮 筋，选取绘制筋横截面的草图平面后，绘制筋截面草图。

完成筋截面草图后打开【筋】属性面板，如图 3-87 所示。筋特征允许用户使用最少的草图几何元素创建筋。创建筋时，需要设定筋的厚度、位置、筋的方向和拔模角度。

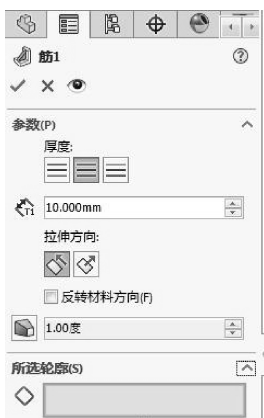


图 3-87　【筋】属性面板

筋的草图既可以简单到只有一条直线来形成筋的中心，也可以复杂到详细描述筋的外形轮廓。根据所绘制的草图的不同，所创建的筋特征既可以垂直于草图平面，也可以平行于草图平面进行拉伸。简单的筋草图既可以垂直于草图平面拉伸，也可以平行于草图平面拉伸；复杂的筋草图只能垂直于草图平面拉伸。表 3-1 为筋草图拉伸的典型实例。

表 3-1　筋草图拉伸的典型实例

拉 伸 方 向	图　　例
简单草图：拉伸方向与草图平面平行	
简单草图：拉伸方向与草图平面垂直	
复杂草图：拉伸方向与草图平面垂直	

3.5 阵列与镜像

阵列用于将任意特征作为原始样本特征，通过指定阵列尺寸，产生多个类似的子样本特征。特征阵列完成后，原样本特征和子样本特征成为一个整体，用户可将它们作为一个特征进行相关操作，如删除、修改等。

镜像特征以某一平面或基准面为参考面，对称复制选定的特征。如果对原来的特征进行

修改，被复制的特征也跟着进行相同的修改。



3.5.1 阵列

阵列指按线性或圆周阵列复制所选的特征。镜像是绕面、基准面或基准面镜像特征、面及实体，沿面或基准面镜像，生成一个特征（或多个特征）的复制。

阵列对象特征可以生成线性阵列、圆周阵列、曲线驱动阵列、填充阵列，或使用草图点、表格坐标生成阵列。

表 3-2 中列出了几种阵列类型及镜像工具所创建的实体模型。

表 3-2 阵列的几种类型

阵列类型	说 明	图 解
线性阵列	先选择特征，然后指定方向、线性间距和实例总数	
圆周阵列	需要选择特征和旋转轴（或边线），然后指定镜像对象生成总数及镜像对象的角度间距，或镜像对象总数及生成阵列的总角度	
曲线驱动阵列	选择特征和边线或阵列特征的草图线段，然后指定曲线类型、曲线方法和对齐方法	
草图驱动阵列	【草图驱动的阵列】特征使用草图中的草图点来指定特征阵列，源特征在整个阵列扩散到草图中的每个点。对于孔或其他特征，可以运用由草图驱动的阵列。需要为该特征绘制一系列的点，来指定阵列的实例的位置	
表格驱动阵列	添加或检索以前生成的 X、Y 坐标在模型的面上生成特征	
填充阵列	使用特征阵列或预定义的形状填充定义的区域	
随形阵列	随形驱动阵列的尺寸几何约束有效，在添加几何关系和尺寸标注时，要先做好设计意图准备，如添加特征草图与构造线的斜线平行的几何特征。使用随形阵列之后，新生成的切除会保持与斜的构造线平行，斜向上慢慢变大，斜向下慢慢变小	



3.5.2 镜像

单击【特征】选项卡中的【镜像】按钮，显示【镜像】属性面板。

设置对话框中的相关选项，主要包括两项：指定一个参考平面作为执行特征镜像操作的参考平面；选取一个或多个要镜像的特征，如图 3-88 所示。

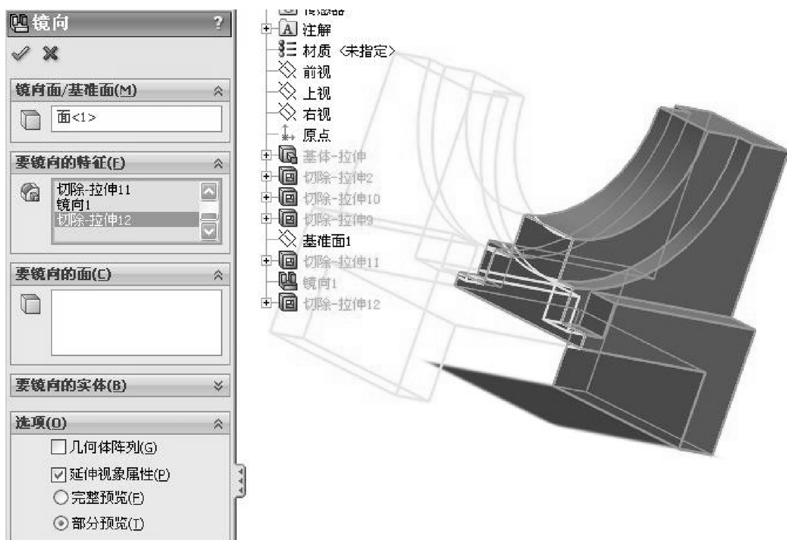


图 3-88 创建镜像特征

3.6 建模技法详解与训练

本节中，笔者依据工作经验总结了一些建模理念及技巧，当然，掌握这些技巧后，读者还要根据实际情况进行方法延伸，这样才能达到举一反三的效果。



3.6.1 三维建模方法探讨

对于新手而言，快速有效地建立三维模型是一大难题，其实归纳起来主要有以下几方面的困难。

- 不熟悉软件中的建模指令。
- 视新手掌握工程制图知识的程度，看图纸有一定难度。
- 模型建立的先后顺序模糊不清，无从着手。

对于同样的一个模型，我们可以用不同的建模思路（思路不同所使用的指令也会不同），可谓【条条大路通罗马】。

对于以上列出的 3 点，前两点可以在长期的建模训练中得到解决或加强。最关键的是第 3 点：建模思路的确定。接下来谈谈基本建模思路。

目前，建模手段分三种：参照图纸建模、参照图片建模和逆向点云构建曲面建模。其中，参照图片建模和逆向点云建模主要在曲面建模中得到完美体现，故本节不作重点讲解，

下面仅讲解参照图纸建模的思路。

1. 参照一张图纸建模

当我们需要为一张机械零件图纸进行三维建模时，图纸是唯一的参照。模型建立完成的方式分为两种：叠加法和消减法。

（1）叠加建模思路

图 3-89 是一个典型的机械零件立体视图，立体视图中标清、标全了尺寸。

虽然只有一个视图，但尺寸一个都没有少，据此可以建立三维模型。问题是如何一步一步地实现呢？叠加建模思路如下。

- 首先查找建模的基准，也就是建模的起点。此零件（或者说此类零件）都是有【座】的，我们称为底座。凡是有底座的零件，一律从底座开始建模。
- 找到建模起点，那么就可以遵循【从下往上】【从上往下】【由内向外】或者【由外向内】的原则依次建模。
- 在遵循建模原则的同时，还要判断哪些是主特征（软件中称为【父特征】）、哪些是附加特征（软件中称为【子特征】）。先有主特征，再有子特征（不过有些子特征可以和主特征一起建立，省略操作步骤），千万要记住这一点！
- 就此零件，我们可以给出一个清晰的建模流程，如图 3-90 所示。

图 3-89 零件立体视图及尺寸标注

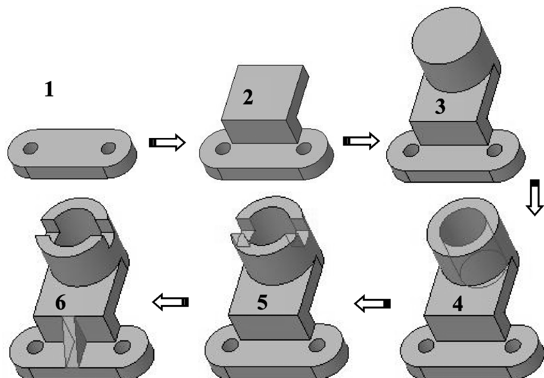


图 3-90 叠加法建模流程

（2）消减法建模思路

消减法建模与叠加法建模恰恰相反，此法应用的案例要少于叠加法。主要原因是建模的逻辑思维是逆向的，不便于掌握。

图 3-91 是一个机械零件的立体视图。观察模型可知，此零件有底座，那么建模从底座开始，但由于采用了消减法建模，所以我们必须首先就要建立出基于底座最低面至模型的最顶面之间的高度模型，然后逐一按照从上到下的顺序依次减除多余部分体积，直至得到最终的零件模型。图 3-92 为消减法建模流程分解图。

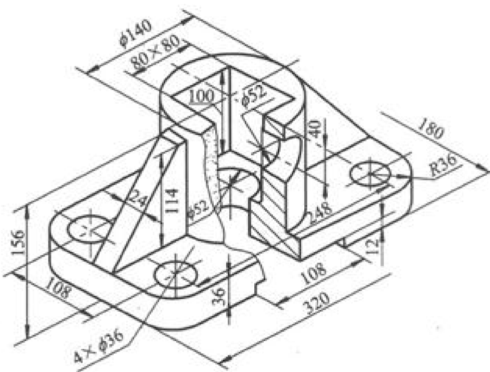


图 3-91 机械零件

图 3-92　消减法建模流程

（3）总结

从前面介绍的两种建模方法建模流程图解中我们可以看出，并非完全是叠加或消减，而是两者相互融合使用。比如叠加法中第 4 步和第 5 步就是消减步骤，而消减法建模流程中的第 7 步就是叠加的特征。我们建模的时候，不能单纯靠某一种方式去解决问题，而是多方面分析，当然，能够单独采用某一种建模方法解决的，也不必再用另一种方式解决，总之，以最少步骤完成设计。

2. 参照三视图建模

如果图纸是多视图的，能完整清晰地表达出零件各个视图方向及内部结构的情况，那么建模就变得相对容易多了。

图 3-93 为一副完整的三视图及模型立体视图（轴侧视图）。图纸中还直接给出了建模起点，也就是底座所在平面。这个零件属于对称型的零件，使用【拉伸凸台/基体】命令即可完成，结构比较简单，图 3-94 为建模思路图解。

图 3-93　零件三视图

图 3-94　建模流程

接下来看如图 3-95 所示的零件三视图。此零件的建模起点虽然在底部，但是由于底座由 3 个小特征组合而成，所以要遵循由大到小、由内向外的建模原则，以此完成底座部分的创建，然后按从下往上、由父到子的顺序依次建模。图 3-96 为建模思路图解。





图 3-95　零件三视图

图 3-96　建模流程

最后我们再看一张零件的三视图，如图 3-97 所示。此零件与图 3-95 的模型结构类似，不过在本零件中我们可以采用从上往下的顺序进行建模，理由是最顶部的截面是圆形，圆形在二维图纸中通常充当的是尺寸基准、定位基准。此外，顶部的圆形是可以独立创建出来的，无须参照其他特征来完成，通常可以使用 3 种不同命令来创建：【拉伸凸台/基体】【旋转】或者【扫描】。

图 3-98 为零件的建模思路图解。

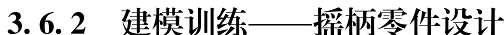




图 3-97　零件三视图

图 3-98　零件的建模流程

下面举例介绍一般机械零件的建模过程，分享建模方法。



3. 6. 2　建模训练——摇柄零件设计

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch03 \ 摇柄零件 . sldprt

演示视频路径：视频 \ Ch03 \ 摇柄零件设计 . avi

参照如图 3-99 所示的三视图构建摇柄零件模型，注意其中的对称、相切、同心、阵列等几何关系。参数：A = 72，B = 32，C = 30，D = 27。

图 3-99　摇柄零件三视图

绘图分析：

（1）参照三视图，确定建模起点在【剖面 K－K】主视图∅32 圆柱体底端平面的圆心上。

（2）基于从下往上、由内向外的建模原则。

（3）所有特征的截面曲线来自于各个视图的轮廓。

（4）建模流程的图解如图 3-100 所示。

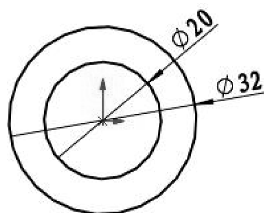
图 3-100　建模流程图解

设计步骤：

01　新建 SolidWorks 零件文件。

02　创建第 1 个主特征——拉伸特征。

- 单击【拉伸凸台/基体】按钮。
- 选择上视基准面作为草图平面，进入草绘环境中，绘制如图 3-101 所示的草图曲线。
- 退出草绘环境后，在拉伸属性面板中设置拉伸深度为 25，单击【应用】按钮，完成创建，如图 3-102 所示。



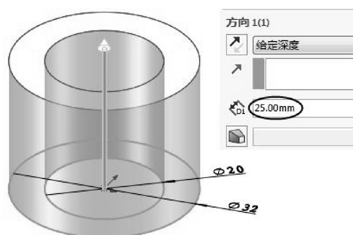
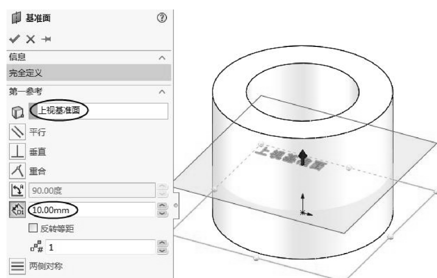


图 3-101　绘制草图　　　　图 3-102　创建拉伸特征 1

03　创建第 2 个主特征。

- 单击 基准面按钮，新建一个基准面 1，如图 3-103 所示。
- 单击【拉伸凸台/基体】按钮，选择基准面 1 作为草图平面，进入草绘环境中，绘制如图 3-104 所示的草图曲线。



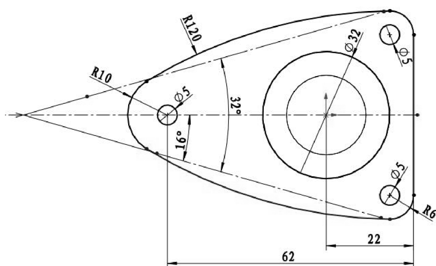


图 3-103　新建基准平面　　　　图 3-104　绘制草图

- 退出草绘环境后，在拉伸属性面板中设置拉伸深度类型为，深度为 3，单击【应用】按钮，完成创建，如图 3-105 所示。

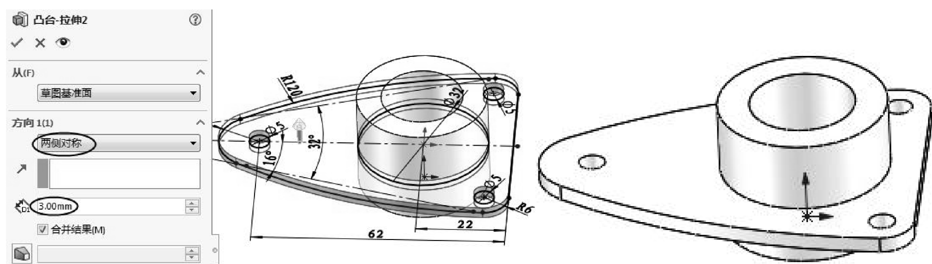


图 3-105　创建拉伸特征 2

04　创建第 3 个特征。

- 单击 基准面按钮，新建一个基准面 2，如图 3-106 所示。
- 单击【拉伸凸台/基体】按钮，选择新基准面 2 作为草图平面，进入草绘环境中，绘制如图 3-107 所示的草图曲线。
- 退出草绘环境后，在拉伸属性面板中设置拉伸深度类型为【成形下一面】，更改拉伸方向，单击【应用】按钮，完成创建，如图 3-108 所示。



图 3-106　新建基准平面 2

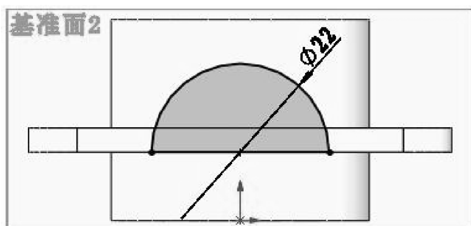
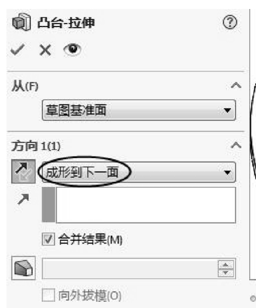


图 3-107　绘制草图



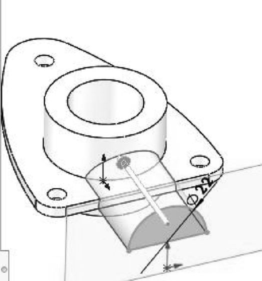


图 3-108　创建拉伸特征 3

05　创建第 4 个特征（拉伸切除特征）。此特征是第 3 个特征的子特征。

● 单击【拉伸切除】按钮，选择前视基准平面作为草图平面，进入草绘环境中，绘制如图 3-109 所示的草图曲线。

● 退出草绘环境后，在拉伸属性面板中设置拉伸深度类型为【两侧对称】，单击【应用】按钮，完成拉伸切除，如图 3-110 所示。

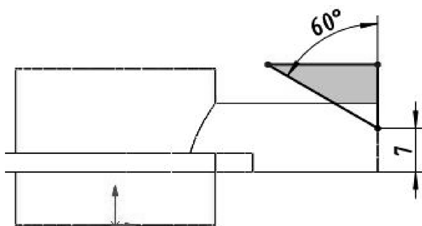


图 3-109　绘制草图

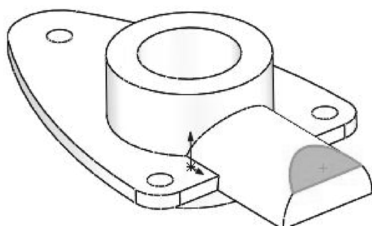


图 3-110　创建拉伸切除特征

06　创建第 5 个特征，该特征由【旋转凸台/基体】工具创建。

● 单击【旋转凸台/基体】按钮 旋转，选择前视基准面作为草图平面，进入草绘环境中，绘制如图 3-111 所示的草图曲线。

● 退出草绘环境后，在旋转属性面板中单击【应用】按钮，完成创建，如图 3-112 所示。

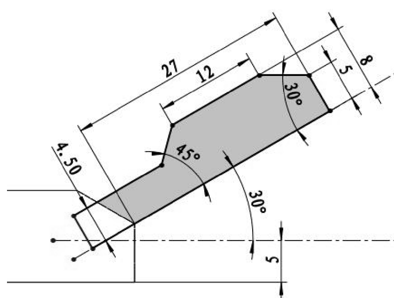


图 3-111　绘制草图

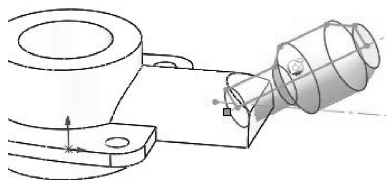


图 3-112　创建旋转特征 1

07　创建子特征——拉伸切除。

- 单击【拉伸切除】按钮。
- 选择上步骤绘制的旋转特征外端面作为草图平面，进入草绘环境中，绘制如图 3-113 所示的草图曲线。
- 退出草绘环境后，在拉伸属性面板中设置拉伸深度类型，单击【应用】按钮，完成拉伸减除操作，如图 3-114 所示。

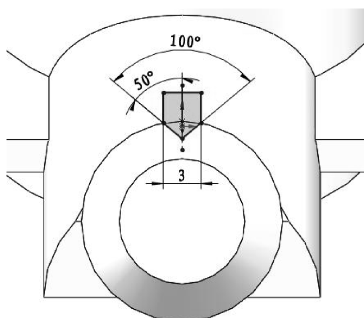


图 3-113　绘制草图

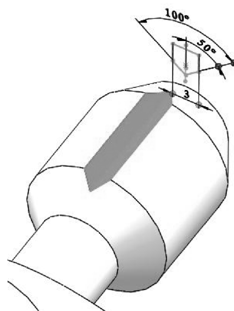


图 3-114　创建拉伸减除特征

- 选中上步骤创建的拉伸减除特征，然后单击【圆周阵列】按钮，打开【阵列（圆周）1】属性面板。
- 拾取旋转特征 1 的轴作为阵列参考，输入阵列个数为 6，成员之间的角度为 60，单击【确定】按钮，完成阵列操作，如图 3-115 所示。

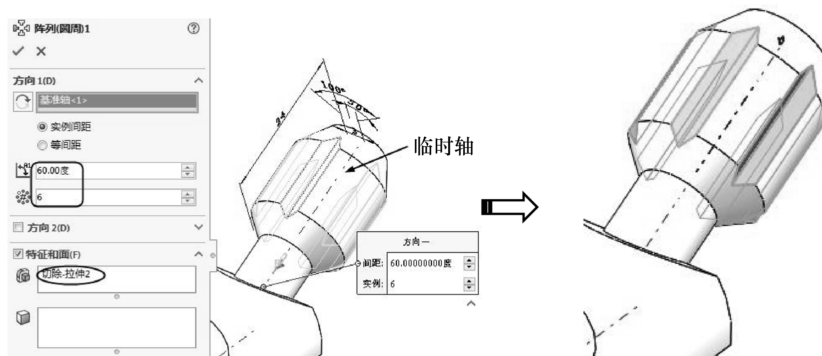


图 3-115　创建阵列特征

技巧点拨	若要显示旋转特征 1 的临时轴，则在前导视图工具栏的【隐藏/显示项目】列表中单击【观阅临时轴】按钮。

08 创建子特征——扫描切除特征。

- 在【草图】选项卡中单击【草图绘制】按钮，选择前视基准面作为草图平面，绘制如图 3-116 所示的草图曲线。
- 同理，在旋转特征端面绘制如图 3-117 所示的草图曲线。

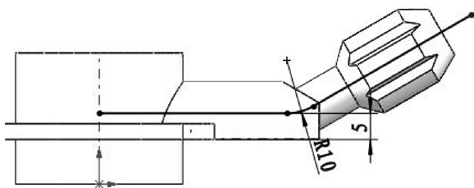


图 3-116　绘制草图曲线

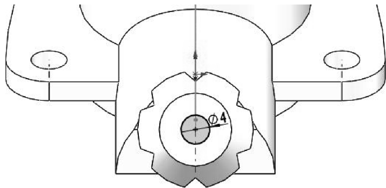


图 3-117　在旋转特征端面绘制圆

- 单击【扫描切除】按钮，打开【扫描】属性面板。选取上步骤绘制的圆曲线作为轮廓，再选择扫描路径曲线，如图 3-118 所示。
- 单击【方向 2】按钮，改变切除侧，单击【确定】按钮，完成扫描切除特征的创建，如图 3-119 所示。

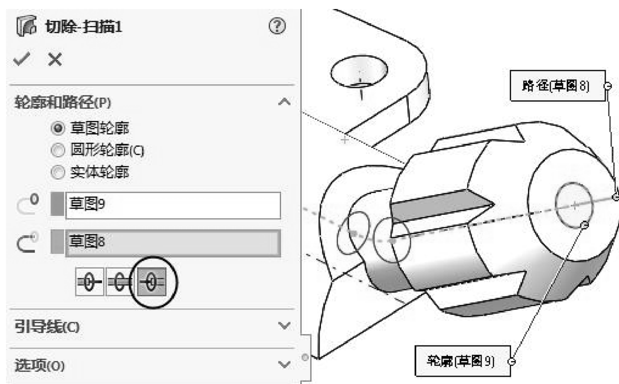


图 3-118　选择扫描轮廓和路径曲线

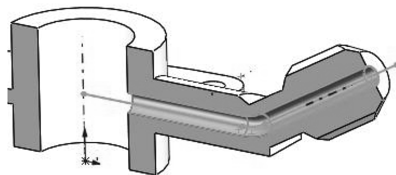


图 3-119　创建扫描切除特征

09 在拉伸特征 2 上创建圆角特征。

- 单击【圆角】按钮，打开【圆角】属性面板。
- 单击【恒定大小圆角】按钮。按住【Ctrl】键选取拉伸特征 2 的上下两条模型边作为圆角项目，如图 3-120 所示。
- 设置圆角半径为 1.5mm，单击【确定】按钮，完成整个摇柄零件的创建，如图 3-121 所示。

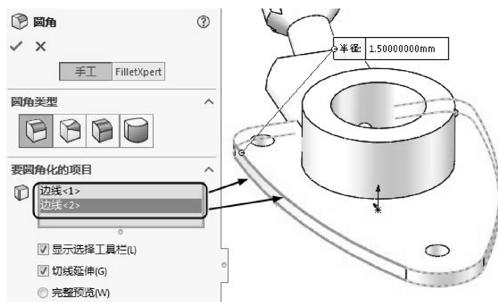


图 3-120　选取要圆角的边

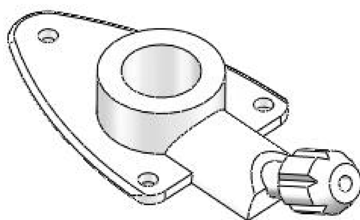


图 3-121　摇柄零件

3.7 技术解惑

1. 工具实体技术

工具实体技术是利用插入零件的方法，在当前处于激活状态的零件中插入一个新零件，该新零件将作为【工具】使用，用于添加或删除当前零件的某一部分。工具实体技术常用于生成复杂的零件模型，利用该技术可以将复杂的形状添加到当前的零件模型中。插入的新零件在当前零件中只作为一个实体使用，但它与当前零件之间已存在外部关联，只要插入的新零件的源文件模型发生变化，当前的零件模型也会随之改变。

下面以机床夹具中的活动夹板模型为例，介绍工具实体技术的操作方法。

01 首先建立如图 3-122 所示的两个模型：底板模型和凸块模型。

02 打开底板模型，选择菜单栏中【插入】|【零件】命令，选择已建好的凸块模型。在【插入零件】属性面板的【转移】选项区中勾选必要的选项，单击【确定】按钮✓，插入新零件。可在【插入零件】属性管理器中的【找出零件】选项区中，勾选【启动移动对话】复选框，来定位新零件的位置，如图 3-123 所示。

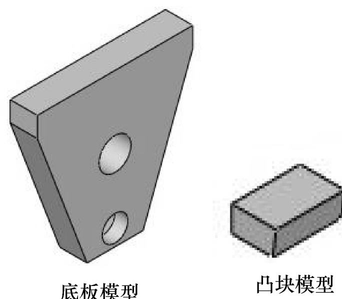


图 3-122　组成活动夹板的两个零件模型

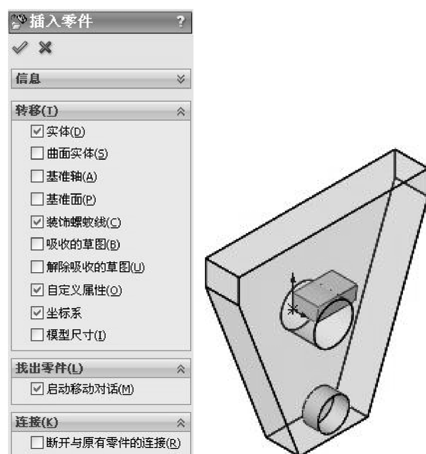


图 3-123　插入新零件并定位

03 插入的新零件在当前零件中只作为一个实体，可以在当前零件中移动。选择菜单栏中【插入】|【特征】|【移动/复制】命令，弹出【移动/复制实体】属性管理器，参数设置如图3-124所示，单击【确定】按钮✓，完成实体的移动。

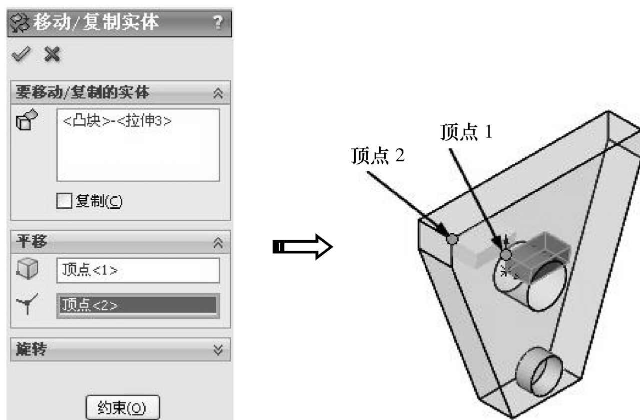


图3-124　移动实体

04 通过【线性阵列】命令阵列【凸块】实体。并采用组合实体技术合并三个实体，结果如图3-125所示。在特征设计树中【凸块】后显示图标->，说明当前零件中的【凸块】实体与【凸块】源零件存在外部参考关系，只要【凸块】源零件模型发生变化，当前零件模型将随之改变。

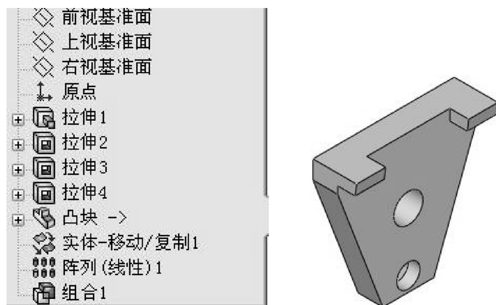


图3-125　活动夹板模型

2. 多实体保存为零件和装配体

在SolidWorks中可以将多实体零件中的一个或多个实体保存为独立的零件。把多实体零件中的实体保存为单独的零件后，可以通过【生成装配体】命令从多实体零件自动生成装配体。SolidWorks提供了多种工具把多实体零件生成新零件和装配体，这些工具各有特点。这里主要介绍分割零件为多实体，然后保存实体为单独的零件，再生成装配体的操作方法。这种方法常用于具有上、下盖的零件的设计，下面以【手机壳】为例进行说明。

01 打开【手机壳】模型，如图3-126所示。

02 选择前视基准面作为草图绘制平面，使用【样条曲线】命令绘制草图作为分割线，并标注尺寸，如图3-127所示。

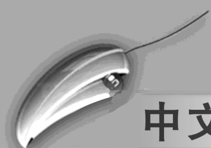




图 3-126 手机壳模型

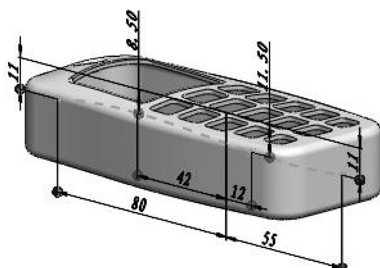


图 3-127 绘制分割手机壳草图

03 选择菜单栏中【插入】|【特征】|【分割】命令，弹出【分割】属性管理器。在【剪裁工具】选项区中选择【草图 11】，单击【切除零件】按钮，此时手机壳被分开。勾选【所产生实体】选项区中 1、2，双击【文件】下对应的区域，弹出【另存为】对话框，设置新零件的名称和保存的路径。单击【确定】按钮✔，完成【手机壳】模型的分割，如图 3-128 所示。

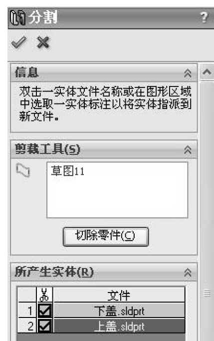




图 3-128 分割零件并生成新零件

04 还有一种生成新零件的方法：在【分割】属性管理器中只勾选【所产生实体】选项区中 1、2，不指定实体的保存名称和路径，单击【确定】按钮✔，只分割零件，但不保存实体为新零件。然后右击特征设计树中【实体】文件夹中的【分割 1[1]】，在弹出的快捷菜单中选择【插入到新零件】命令，如图 3-129 所示。在弹出的【另存为】对话框中设置新零件的名称和保存路径。

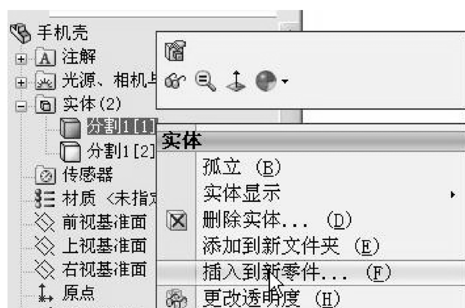


图 3-129 选择【插入到新零件】命令

05 生成的两个新零件如图3-130和图3-131所示。在特征设计树中的新零件名称后都显示图标✔，说明新零件与源零件存在外部参考关系。生成的新零件是源零件在【分割】特征前的状态，因此对源零件【分割】特征以前的特征进行修改时，新零件将发生改变。如果在【分割】以后添加其他特征，这些特征不会传递到新零件上。如果删除【分割】特征，生成的新零件依然存在，只是它们与源零件的外部参考关系将存在悬空错误。



图3-130　【手机壳】下盖及特征设计树



图3-131　【手机壳】上盖及特征设计树

06 通过以上操作分割【手机壳】模型为多实体，并保存多实体为新零件，此时可以从多实体零件直接生成装配体。选择菜单栏中【插入】|【特征】|【生成装配体】命令，或者右击特征设计树中的【分割1】，在弹出的快捷菜单中选择【生成装配体】命令，系统弹出【生成装配体】属性管理器，如图3-132所示。在图形区特征设计树中指定分割特征【分割1】，单击【浏览】按钮，在弹出的【另存为】对话框中设置保存路径和装配体名称，单击【确定】按钮->，完成装配体生成操作，如图3-133所示。

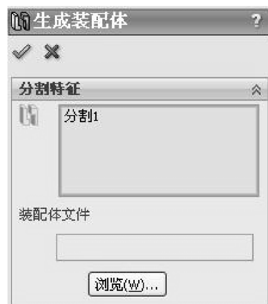


图3-132　【生成装配体】属性管理器



图3-133　生成手机壳装配体

07 在【手机壳装配体】的特征设计树中没有显示所包括的零件。单击图形区中的某一零件，在弹出的关联工具栏中单击【编辑】按钮，此时特征设计树中将出现所包含零件，且选定零件为激活可编辑状态，单击图形区右上角的退出编辑零件按钮，退出编辑零件状态。从设计树中可以看到两个零件都处于【固定】状态且没有添加任何配合关系，如图3-134所示。



图3-134 在特征设计树中显示装配体零件

08 到这里即完成了零件的分割、保存实体成为新零件及从多实体零件直接生成装配体的操作。如果有必要，可以单独对零件进行其他细节处理。这种设计方法保证了零件的一致性，同时也能方便高效地对零件进行编辑。

第 4 章

曲线与曲面建模

本章导读

实体模型一般是由曲线和曲面组成的，因此曲线和曲面的绘制是三维实体绘制的基础。

在学习曲线与曲面造型之前，先要掌握三维草图绘制的方法，它是生成曲线、曲面造型的基础。曲面是一种可用来生成实体特征的几何体。本章主要介绍常用的曲面工具，以及对曲面的修改方法。

案例展现

ANLIZHANXIAN

案　例　图	描　　述
	造型过程中将用到旋转曲面、分割线、自由形、填充曲面等工具，目的是让读者掌握基本曲面的造型技巧
	在本例勺子造型中，将运用到拉伸曲面、旋转曲面、剪裁曲面、等距曲面、圆角曲面、删除曲面、直纹曲面、缝合曲面、加厚等曲面工具
	通过花式瓷瓶的曲面造型设计来详解操作过程：首先利用草图功能绘制造型曲线，再利用扫描曲面功能设计瓶身和手柄

4.1 曲线设计

在复杂曲面的产品开发中，经常会用到曲线、曲面造型技术，SolidWorks 提供的曲线功能包括投影曲线、螺旋线、组合曲线、通过参考点的曲线和通过 XYZ 点的曲线等。曲线可以用来建立实体特征或曲面特征。



4.1.1 3D 草图设计

图 4-1 为利用直线命令在 3 个基准平面（前视基准面、右视基准面和上视基准面）绘制的空间连续直线。

在功能区【草图】选项卡中单击【3D 草图】按钮 3D 草图，进入 3D 草图环境，利用 2D 草图环境中的草图工具绘制 3D 草图，如图 4-2 所示。

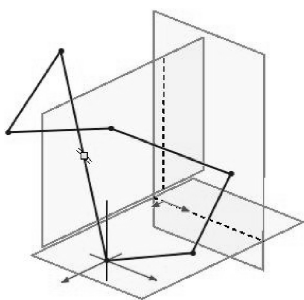


图 4-1　3D 草图



图 4-2　进入 3D 草图环境

在 3D 草图绘制中，图形空间控标可帮助用户在数个基准面上绘制时保持方位。在所选基准面上定义草图实体的第一个点时，空间控标即会出现。控标由两个相互垂直的轴构成，红色高亮显示表示为当前的草图平面。

在 3D 草图环境中，当用户执行绘图命令并定义草图第 1 个点后，图形区显示空间控标，且指针由 变为 ，如图 4-3 所示。

技巧点拨	控标的作用除了显示当前所在的草图平面之外，还可以选择控标所在的轴线以便沿该轴线绘图，如图 4-4 所示。

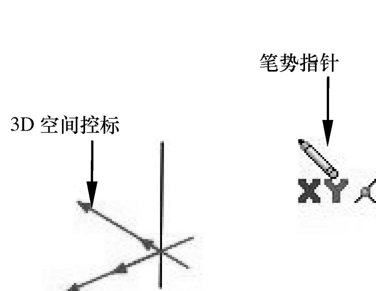


图 4-3　3D 空间控标

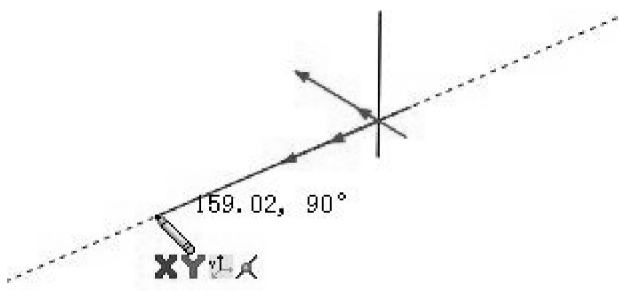


图 4-4　沿轴线绘制

技巧点拨	用户还可以按下键盘中的【→】【←】【↑】【↓】键来自由旋转3D控标，按住【Shift】键的同时，按【→】【←】【↑】【↓】键，可以将控标旋转90°。



4.1.2　曲线设计



曲线是曲面造型的基础，常用的几种生成曲线的工具有【投影曲线】【组合曲线】【螺旋线/涡状线】【分割线】【通过参考点的曲线】和【通过XYZ点的曲线】等。

1. 分割线

【分割线】是通过将实体投影到曲面或平面上生成的。将所选的面分割为多个分离的面，从而可以选择其中一个分离面进行操作。分割线也可以通过将草图投影到曲面实体而生成。投影的实体可以是草图、曲面、面、基准面、模型实体或者曲面样条曲线。利用分割线可以创建拔模特征、混合面圆角，并可延展曲面来切除模具。

单击【曲线】选项卡中【分割线】按钮 分割线，打开【分割线】属性面板，分割线一共有三种分割类型，分别介绍如下。

- 【轮廓】：在圆柱形零件上生成分割线，如图4-5所示。
- 【投影】：将草图线投影到表面上生成分割线，如图4-6所示。
- 【交叉点】：以交叉实体、曲面、面、基准面或者曲面样条曲线分割面，如图4-7所示。



图4-5　【轮廓】类型

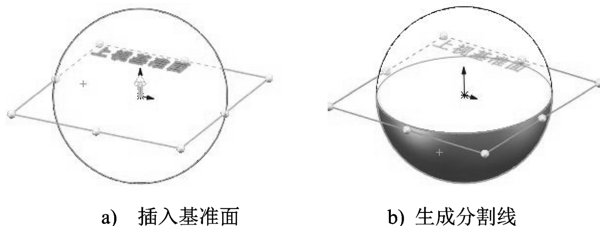


图4-6　【投影】类型



图4-7　【交叉点】类型

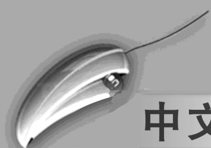
图4-8为采用【轮廓】类型进行分割曲面得到分割线的实例。

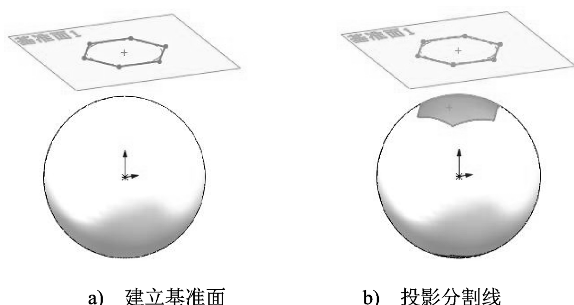


a)　插入基准面　　b) 生成分割线

图4-8　【轮廓】类型分割线

以【投影】类型生成分割线的实例如图4-9所示。





a) 建立基准面　　b) 投影分割线

图 4-9 【投影】类型分割线

2. 投影曲线

【投影曲线】将所绘制的曲线投影到曲面上，生成一个三维曲线。SolidWorks 有两种方式生成投影曲线。

- 在两个相交的基准面上分别绘制草图，利用两个相交基准面上的曲线草图投影到曲面而生成三维曲线（即草图到草图）。
- 将草图绘制的曲线投影到模型面上得到三维曲线（即草图到面）。

单击【投影曲线】按钮 投影曲线，打开【投影曲线】属性面板，如图 4-10 所示。



图 4-10 【投影曲线】属性面板

下面介绍将草图曲线投影到模型面（面上草图）的一般过程。

01 单击【样条曲线】按钮，绘制样条曲线，如图 4-11a 所示。

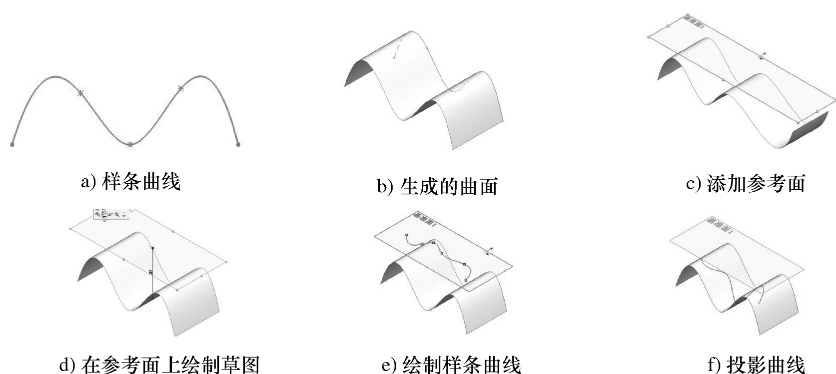
02 单击【曲面】选项卡中【拉伸曲面】按钮，选择样条曲线进行拉伸，生成拉伸曲面，如图 4-11b 所示。

03 以上视基准面为参考面添加基准面，如图 4-11c 所示，在基准面上绘制样条曲线，如图 4-11d 和图 4-11e 所示，绘制完成后，退出草图绘制状态。

04 单击【投影曲线】按钮 投影曲线，弹出【投影曲线】属性面板。

05 选择【面上草图】单选按钮，激活【要投影的草图】收集框，选择在基准面上绘制的样条曲线，激活【投影面】收集框，选择先前拉伸的曲面。观察投影曲线是否投影到曲面上，若没有，可勾选【反转投影】复选框，使曲线投影到曲面上，如图 4-11f 所示。

06 单击【确定】按钮，完成投影曲线的操作。



a) 样条曲线　　b) 生成的曲面　　c) 添加参考面

d) 在参考面上绘制草图　　e) 绘制样条曲线　　f) 投影曲线

图 4-11　【面上草图】投影曲线生成过程

3. 组合曲线

【组合曲线】是指将所绘制的曲线、模型边线或者草图几何进行组合，使之成为单一曲线。组合曲线可以作为生成放样特征或扫描的引导曲线或轮廓线。

单击【组合曲线】按钮 组合曲线，弹出如图 4-12 所示的属性面板。连续选取模型边线创建组合曲线，如图 4-13 所示。



图 4-12　【组合曲线】属性面板

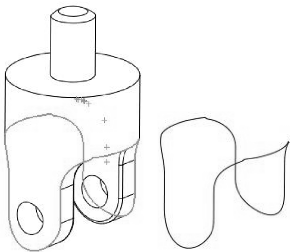


图 4-13　创建组合曲线

技巧点拨	注意组合曲线是一条连续的曲线，可以是开环的，也可以是闭环的，但选择的组合曲线的连接实体必须是连续的，中间不能有间隔，选择的顺序没有影响。

4. 通过参考点的曲线

【通过参考点的曲线】命令可在已建参考点或者已有模型顶点基础上创建曲线。单击【通过参考点的曲线】按钮 通过参考点的曲线，打开【通过参考点的曲线】属性面板，如图 4-14 所示。

技巧点拨	【通过参考点的曲线】命令仅当用户创建曲线或实体、曲面特征以后，才被激活。

选取的参考点将被自动收集到【通过点】收集器中。若勾选【闭环曲线】复选框，将创建封闭的样条曲线。图 4-15 为封闭和不封闭的样条曲线。

技巧点拨	执行【通过参考点的曲线】命令过程中，如果选取两个点，将创建直线，如果选取 3 个及 3 个以上点，将创建样条曲线。

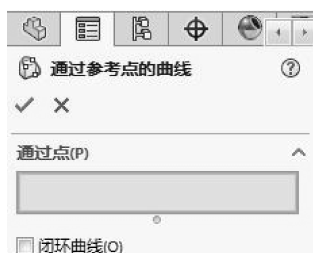


图 4-14 【通过参考点的曲线】属性面板

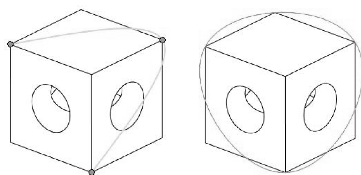


图 4-15 封闭和不封闭的曲线

5. 通过 XYZ 点的曲线

此工具通过输入空间中点的坐标来生成空间曲线。

单击【通过 XYZ 点的曲线】按钮 通过 XYZ 点的曲线，属性管理器中显示【曲线文件】对话框。【曲线文件】对话框如图 4-16 所示。

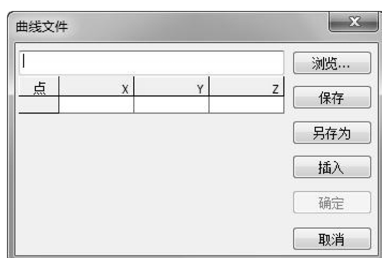
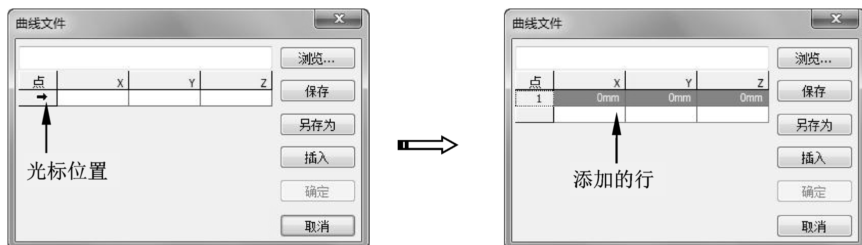


图 4-16 【曲线文件】对话框

【曲线文件】对话框中各选项含义如下。

- 浏览：单击该按钮，导览至要打开的曲线文件。可打开使用同样 . sldcrv 文件格式的 . sldcrv 文件或 . txt 文件。打开的文件将显示在文件文本框中。
- 坐标输入：在一个单元格中双击，然后输入新的数值。输入数值时，图形区域中会显示曲线的预览。

> **技巧点拨**
>
> 默认情况下仅有 1 行坐标输入行，若要继续输入，可以双击【点】下面的空白行，即可添加新的坐标输入行，如图 4-17 所示。若要删除该行，选中后按下键盘中【Delete】键即可。
>
> 
>
>
> 图 4-17 添加坐标输入行

- 保存：单击【保存】按钮，将定义的坐标点保存为曲线文件。曲线文件扩展名为 . sldcrv。

● 插入：当输入了一行坐标值后，选择点下一个数，然后单击【插入】按钮。新的一行插入在所选行之上，如图 4-18 所示。

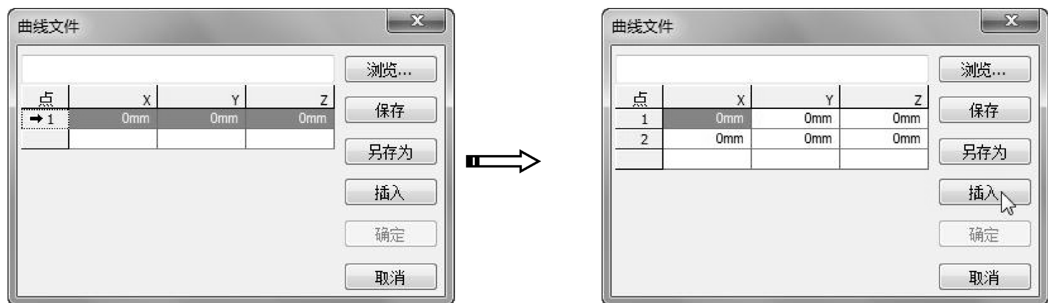


图 4-18　插入新的行

6. 螺旋线/涡状线

【螺旋线/涡状线】是从一个绘制的圆添加的一条螺旋线或涡状线，可在零件中生成螺旋线和涡状线曲线。此曲线可以被当成一个路径或引导曲线使用在扫描的特征上，或作为放样特征的引导曲线。

单击【螺旋线/涡状线】按钮 螺旋线/涡状线，打开【螺旋线/涡状线】属性面板。【螺旋线/涡状线】面板中 4 种螺旋线定义方式如图 4-19 所示。



图 4-19　【螺旋线/涡状线】面板的 4 种螺旋线定义方式

创建螺旋线的一般步骤如下。

01　选择草图平面，绘制如图 4-20 所示的圆形。

02　单击 螺旋线/涡状线 按钮，打开【螺旋线/涡状线】属性面板，选择圆曲线作为参考。

03　选择【螺距和圈数】方式，并设置如图 4-21 所示的参数。

04　单击【确定】按钮 ✓，完成螺旋线的创建，如图 4-22 所示。

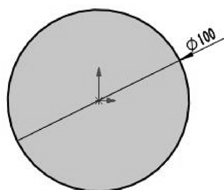


图 4-20　绘制草图



图 4-21　设置参数

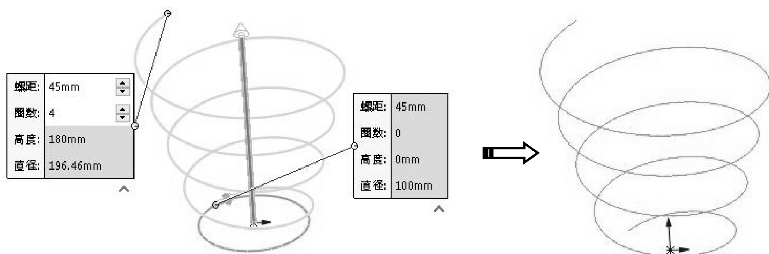


图 4-22　创建螺旋线

4.2 曲面造型设计

曲面是一种可以用来生成实体特征的几何体，一个零件中可以有多个曲面实体。在 SolidWorks 中，【曲面】工具栏既可以用于生成曲面，也可以用于对曲面进行编辑。SolidWorks 提供了多种生成曲面方式，【曲面】选项卡如图 4-23 所示。



图 4-23　【曲面】选项卡



4.2.1　基础曲面设计

基础曲面的创建工具包括拉伸曲面、旋转曲面、扫描曲面、放样曲面、边界曲面等，工具的用法与【特征】选项卡中的拉伸、旋转、扫描、放样及边界等凸台/基体工具是相同的。图 4-24 为利用【拉伸凸台/基体】工具创建的实体，图 4-25 为利用【拉伸曲面】工具创建的拉伸曲面。

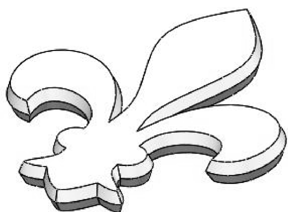


图 4-24　拉伸实体

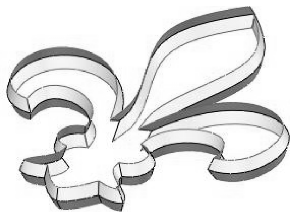


图 4-25　拉伸曲面



下面仅介绍 SolidWorks 中的部分曲面工具，包括填充曲面、平面区域、等距曲面、直纹曲面。

1. 填充曲面

【填充曲面】可在现有模型边线、草图或曲线所定义的边框内建造曲面修补。

用户可以使用此特征来建造填充模型中有缝隙的曲面，或填补模型中的缝隙。填充曲面一般用于以下情况：其他软件设计的零件模型没有正确输入进 SolidWorks（有丢失的面）；用作核心和型腔模具设计的零件中孔的填充；根据需要为工业设计应用建造曲面；通过填充生成实体；作为独立实体的特征或合并特征。

生成填充曲面，可以按如下操作步骤进行。

01　单击【填充曲面】按钮，弹出【填充曲面】属性面板。

02　激活【修补边界】选择框，在图形区域中选择模型外边线，在【修补边界】选项区中设置【曲率控制】类型为【曲率】，单击【交替面】按钮和【反转曲面】按钮，如图 4-26 所示。

03　单击【确定】按钮，生成填充曲面，如图 4-27 所示。

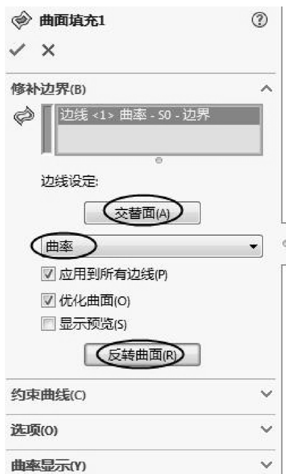


图 4-26　【填充曲面】属性面板

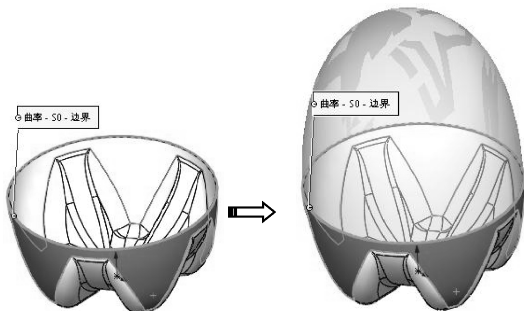
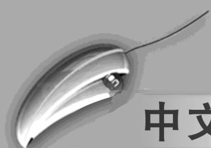


图 4-27　生成的填充曲面

2. 平面区域

【平面区域】可以通过草图生成有边界的平面区域，也可以在零件中生成有一组闭环边线边界的平面区域。操作步骤如下。

01　绘制非相交、单一轮廓的闭环草图，创建一个模型。



02 单击【平面区域】按钮 平面区域，弹出如图4-28所示的属性面板。

03 在属性面板中激活【边界实体】收集框◇，在图形区域中选择草图或模型上的封闭边线。

技巧点拨	如果要在零件中生成平面区域，则选择【边界实体】◇，然后在图形区域中选择零件上的一组闭环边线。注意，所选边线必须位于同一基准面上。

04 单击【确定】按钮✓，即可生成平面区域，如图4-29所示。



图4-28 属性面板

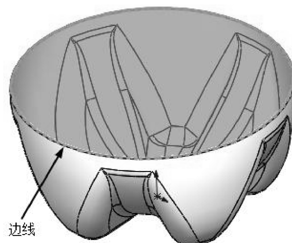


图4-29 平面区域

3. 等距曲面

【等距曲面】工具用来创建基于原曲面的等距缩放特征曲面，当偏移复制的距离为0时，则等同于一个复制曲面的工具，功能与【移动/复制实体】工具相同。

单击【等距曲面】按钮 等距曲面，打开【等距曲面】属性面板，如图4-30所示。

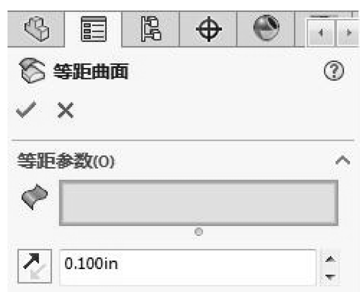


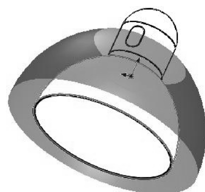
图4-30 【等距曲面】属性面板

【等距曲面】属性面板中仅有如下两个选项设置。

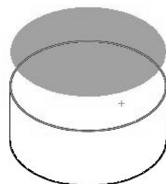
- 要等距的曲面或面：选取要等距复制的曲面或平面。

技巧点拨

对于曲面，等距复制将产生缩放曲面。对于平面，等距复制不会缩放，如图4-31所示。



等距复制曲面将缩放



等距复制平面无缩放

图4-31 曲面与平面的等距复制

● 反转等距方向：单击此按钮，更改等距方向，如图 4-32 所示。

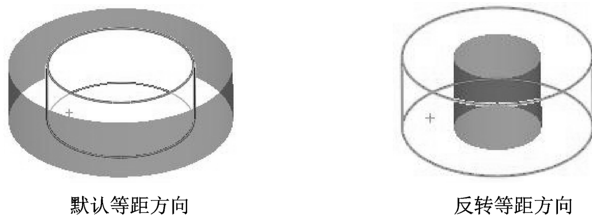


图 4-32　反转等距方向

技巧点拨	无论您在模型中选择多少个曲面进行等距复制，只要原曲面是整体的，等距复制后仍然是整体。

4. **直纹曲面**

【直纹曲面】工具通过实体、曲面的边来定义曲面。单击【直纹曲面】按钮，打开【直纹曲面】属性面板，如图 4-33 所示。

属性面板中提供了 5 种直纹曲面的创建类型，具体如下。

（1）相切于曲面

【相切于曲面】类型可以创建相切于所选曲面的延伸面，如图 4-34 所示。



图 4-33　【直纹曲面】属性面板

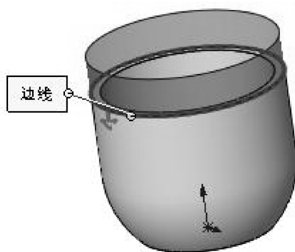


图 4-34　相切于曲面的直纹曲面

技巧点拨	【直纹曲面】工具不能创建基于草图和曲线的曲面。

该类型的选项含义如下。

● 交替面：如果所选的边线为两个模型面的共边，可以单击【交替面】按钮，切换相切曲面，来获取想要的曲面，如图 4-35 所示。



图 4-35　交替面

技巧点拨	如果所选边线为单边，【交替面】按钮将灰显不可用。

● 裁剪和缝合：当所选的边线为两个或两个以上且相连，【裁剪和缝合】选项被激活。此选项用来相互剪裁和缝合所产生的直纹面，如图 4-36 所示。

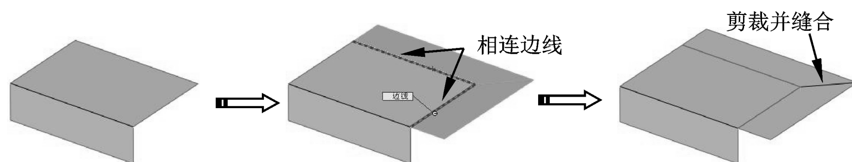


图 4-36　直纹面的裁剪和缝合

技巧点拨	如果取消勾选此选项，将不进行缝合，但会自动修剪。如果所选的多边线不相连，那么勾选此选项不再有效。

● 连接曲面：勾选此复选框，具有一定夹角且延伸方向不一致的直纹曲面将以圆弧过渡进行连接。图 4-37 为不连接和连接的情况。

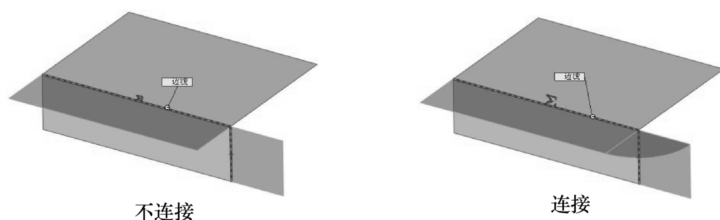


图 4-37　连接曲面

（2）正交于曲面

【正交于曲面】类型可创建与所选曲面边正交（垂直）的延伸曲面，如图 4-38 所示。单击【反向】按钮，可改变延伸方向，如图 4-39 所示。

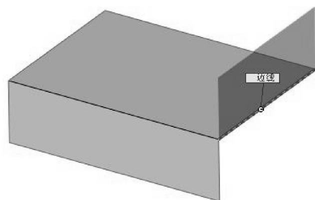


图 4-38　正交于曲面

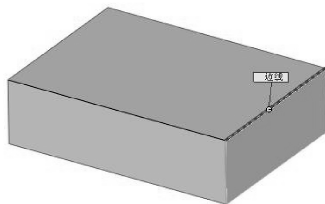


图 4-39　更改延伸方向

（3）锥削到向量

【锥削到向量】类型可创建沿指定向量成一定夹角（拔模斜度）的延伸曲面，如图 4-40 所示。

（4）垂直于向量

【垂直于向量】类型可创建沿指定向量成垂直角度的延伸曲面，如图 4-41 所示。

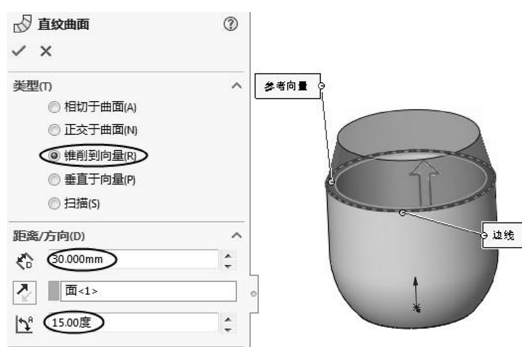


图 4-40　锥削到向量

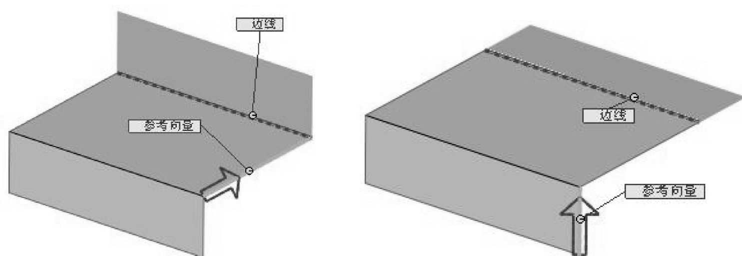


图 4-41　垂直于向量

（5）扫描

【扫描】类型可创建沿指定参考边线、草图及曲线的延伸曲面，如图 4-42 所示。

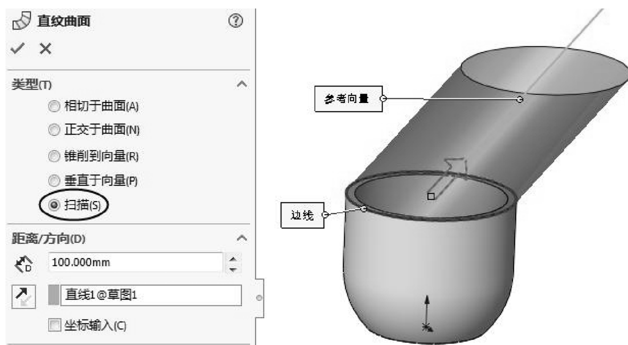


图 4-42　扫描



4.2.2　基本曲面造型案例——玩具飞机造型

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch04 \ 玩具飞机 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch04 \ 玩具飞机造型 . avi

本节介绍了关于 SolidWorks 2018 的基本曲面建模命令。下面介绍玩具飞机的造型过程，造型过程中将用到旋转曲面、分割线、自由形、填充曲面等工具。

玩具飞机造型如图 4-43 所示。

01 新建 SolidWorks 零件文件。

02 在前视基准面上绘制如图 4-44 所示的草图 1。

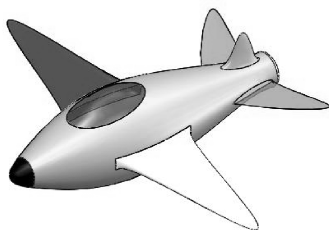


图 4-43 玩具飞机造型

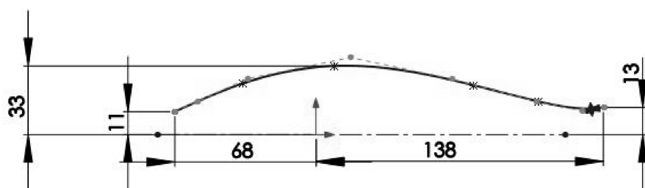


图 4-44 绘制草图 1

03 利用【曲面】选项卡中的【旋转曲面】工具，创建旋转曲面，如图 4-45 所示。

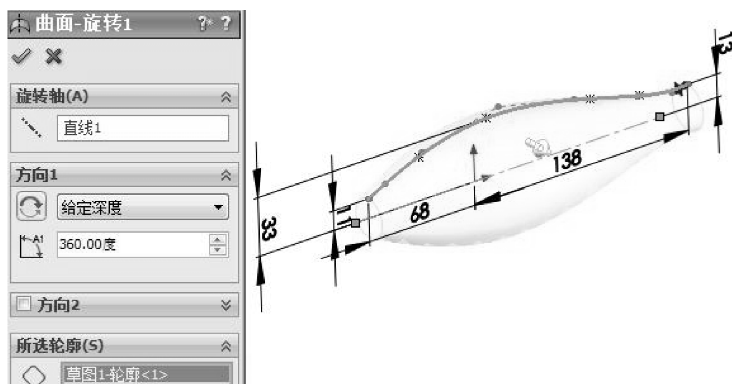


图 4-45 创建旋转曲面

04 在前视基准面上绘制如图 4-46 所示的草图 2。

05 利用菜单栏中【插入】|【曲线】|【分割线】命令，选择草图曲线，在旋转曲面上进行分割，如图 4-47 所示。

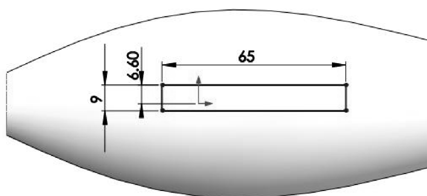


图 4-46 绘制草图 2

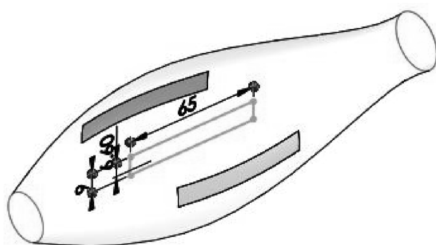


图 4-47 分割曲面

06 单击【自由形】按钮，打开【自由形】属性面板。选择分割后的曲面进行变形，如图 4-48 所示。

07 分别单击【添加曲线】【反向】按钮，在变形曲面上添加变形曲线，如图 4-49 所示。

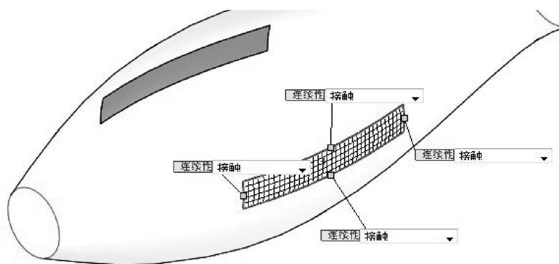


图 4-48　选择要变形的曲面

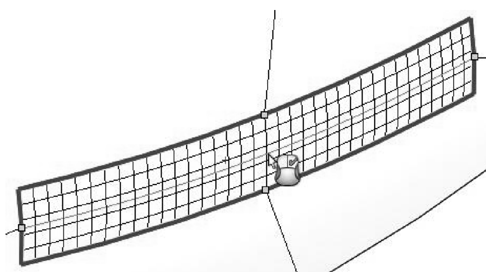


图 4-49　添加变形曲线

08　单击【添加点】按钮，在变形曲线的中点添加变形控制点，如图 4-50 所示。

09　按下【Esc】键结束添加，然后拖动变形控制点，使曲面变形。如图 4-51 所示。

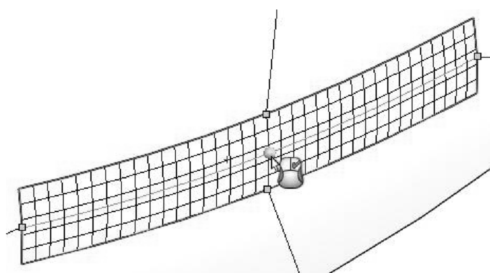


图 4-50　添加变形控制点

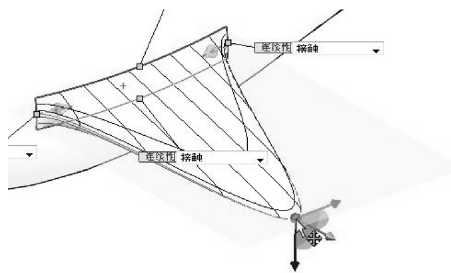


图 4-51　拖动点使曲面变形

10　在【控制点】选项区设置变形参数，即三重轴的位置坐标，如图 4-52 所示。最后单击【确定】按钮，完成曲面的变形，如图 4-53 所示。



图 4-52　设置变形参数

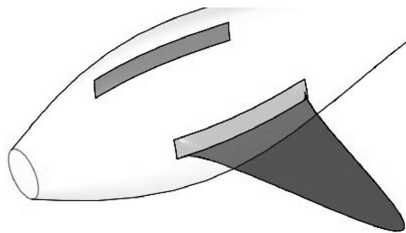


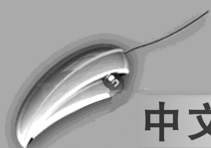
图 4-53　完成自由变形操作

11　在上视基准面绘制草图 3，如图 4-54 所示。

12　利用【分割线】工具，用草图 3 单向分割旋转曲面，如图 4-55 所示。

13　单击【自由形】工具，打开【自由形】属性面板，选择要变形的曲面。

14　分别单击【添加曲线】【反向】按钮，在变形曲面上添加变形曲线，如图 4-56 所示。



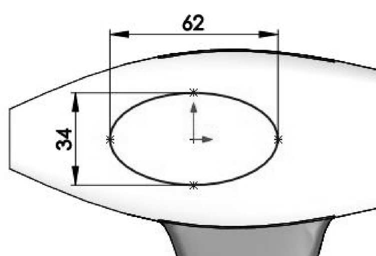


图 4-54　绘制草图 3

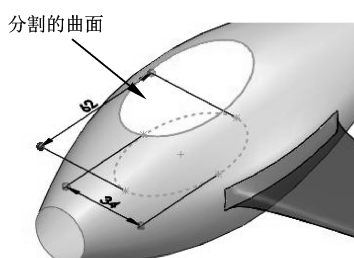
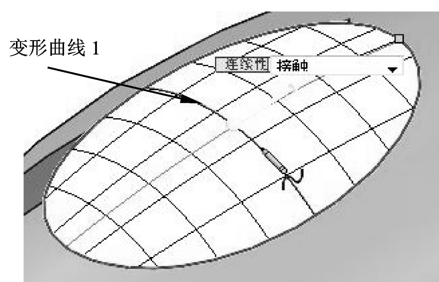


图 4-55　分割旋转曲面



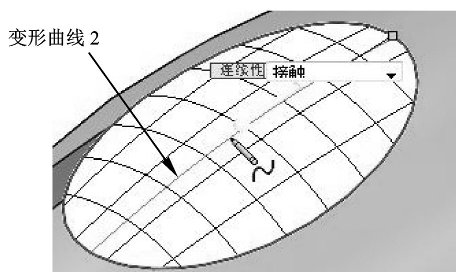
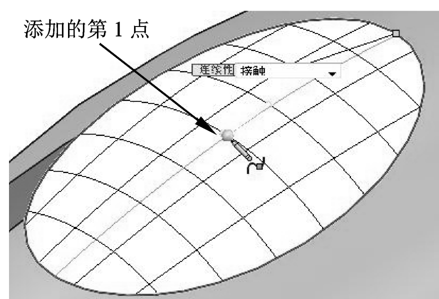


图 4-56　添加变形曲线

15　单击【添加点】按钮，然后在变形曲线上添加两个点，如图 4-57 所示。



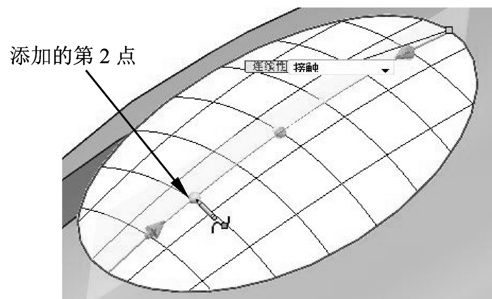


图 4-57　添加变形控制点

16　拖动控制点 1 进行变形，并设置三重轴坐标，如图 4-58 所示。

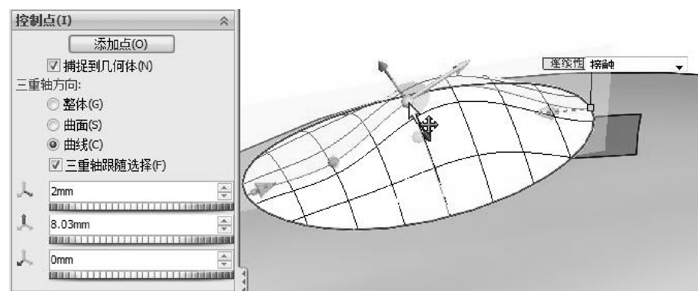


图 4-58　拖动控制点 1 进行变形

17 拖动控制点 2 进行变形，如图 4-59 所示。

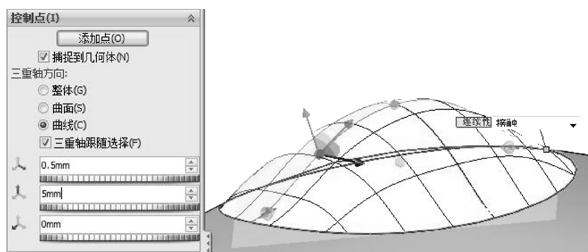


图 4-59 拖动控制点 2 进行变形

18 单击【确定】按钮，完成变形。

19 同理，在前视基准面上绘制草图 4，如图 4-60 所示。利用【分割线】工具分割旋转曲面，如图 4-61 所示。

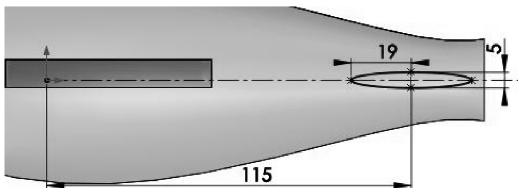


图 4-60 绘制草图 4

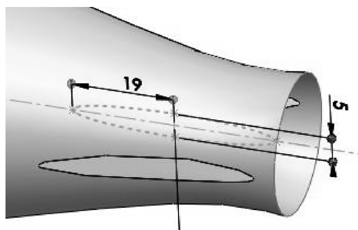


图 4-61 分割旋转曲面

20 利用【自由形】工具，添加两条变形曲线和 3 个控制点，如图 4-62 所示。

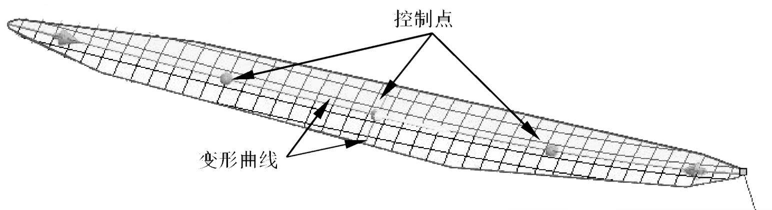


图 4-62 添加变形曲线和变形控制点

21 拖动 3 个控制点，使曲面变形，如图 4-63 所示。

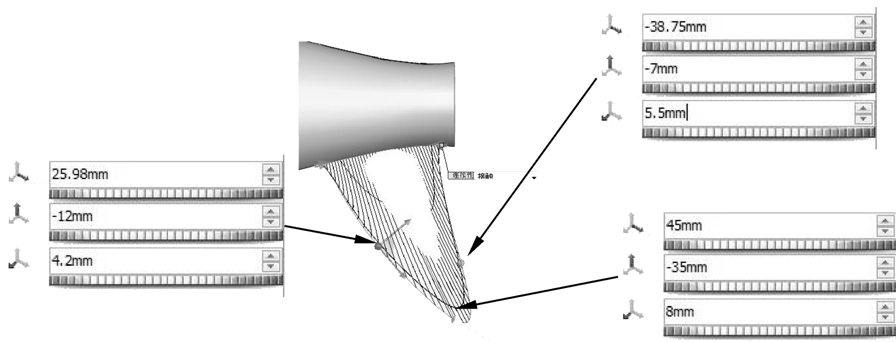


图 4-63 拖动控制点变形曲面

22 单击【确定】按钮，完成曲面的变形操作。

23 在上视基准面绘制草图5，如图4-64所示。利用【分割线】工具，将旋转曲面分割，如图4-65所示。

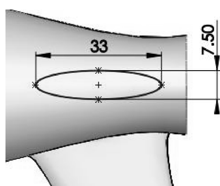


图4-64 绘制草图5

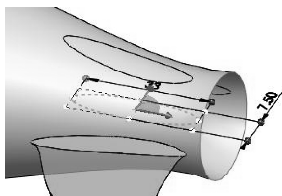


图4-65 分割曲面

24 利用【自由形】工具，添加两条变形曲线和3个控制点，如图4-66所示。

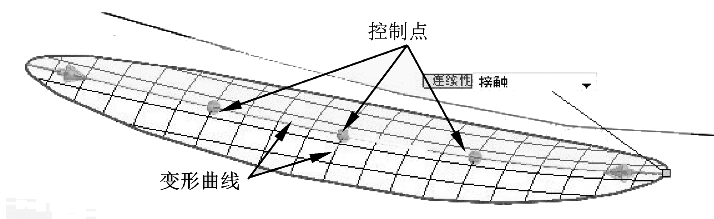


图4-66 添加变形曲线和变形控制点

25 拖动3个控制点，使曲面变形，如图4-67所示。

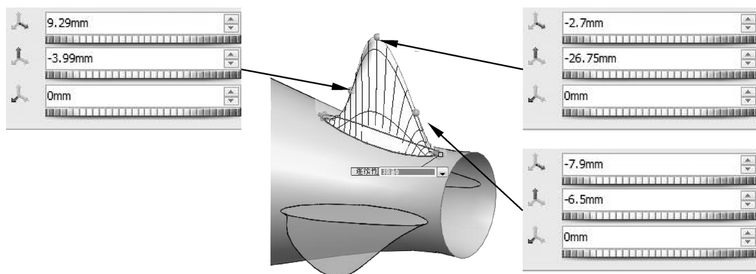


图4-67 拖动控制点变形曲面

26 单击【确定】按钮，完成曲面的变形操作。

27 利用【填充曲面】工具，在飞机头部曲面上创建填充曲面，如图4-68所示。

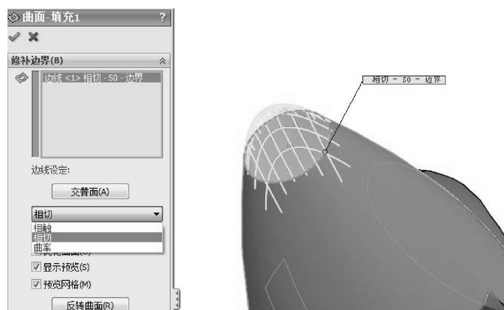


图4-68 创建填充曲面

28 利用【曲面】选项卡中的【平面区域】工具，在飞机尾部曲面上创建平面区域，如图4-69所示。

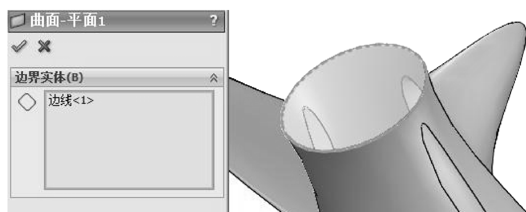


图4-69　创建平面区域

29 利用【特征】选项卡中的【镜像】工具，将机翼和尾翼镜像至前视基准面的另一侧，如图4-70所示。

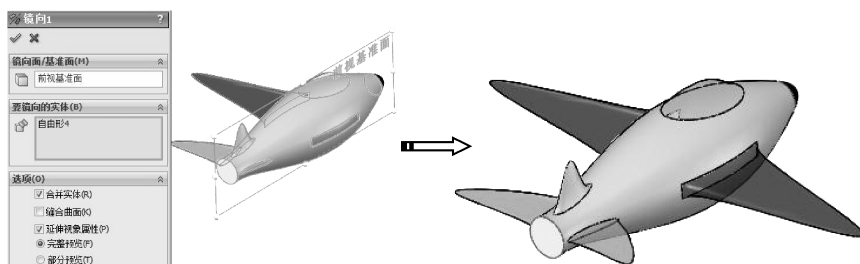


图4-70　创建镜像特征

30 将主体曲面、填充曲面和平面区域缝合，形成实体，如图4-71所示。

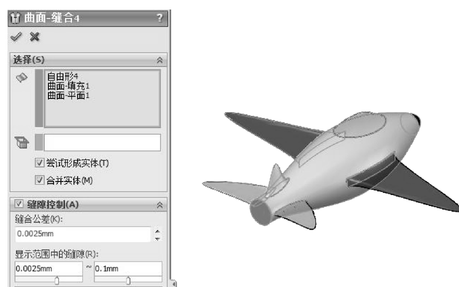


图4-71　将曲面缝合成实体

31 利用【圆顶】工具，在尾部的平面区域上创建圆顶特征，如图4-72所示。

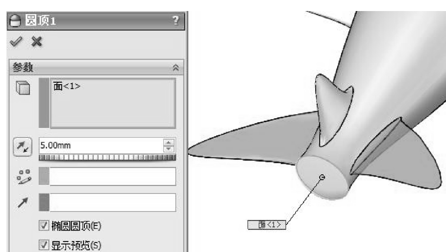
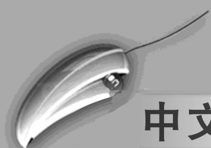


图4-72　创建圆顶特征





4. 2. 3　曲面控制

SolidWorks 2018 提供了用于曲面编辑与操作的相关命令，这些命令可以帮助用户完成复杂产品造型工作，如替换面、延展曲面、延伸曲面、缝合曲面、剪裁曲面、加厚、使用曲面切除等工具。

1. 替换面

【替换面】是指以新曲面实体替换曲面或者实体中的面。在替换面时，原来实体中的相邻面自动剪裁到替换曲面实体，另外，替换曲面实体可以不与旧的面具有相同的边界。

替换面通常用于以下几种情况。

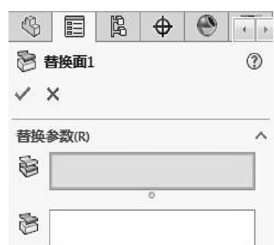
- 以一曲面实体替换另一个或者一组相连的面。
- 在单一操作中，用一相同的曲面实体替换一组以上相连的面。
- 在实体或曲面实体中替换面。

替换面的操作步骤如下。

01　单击【替换面】按钮 替换面，弹出【替换面】属性面板。

02　激活【替换的目标面】收集框，在图形区域中单击选择面 1，激活【替换曲面】收集框，选择面 2。

03　单击【确定】按钮，其替换效果如图 4-73 所示。



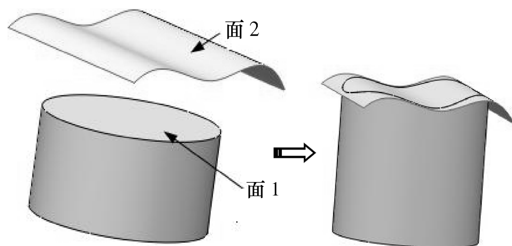


图 4-73　替换面

2. 延伸曲面

【延伸曲面】可将现有曲面的边缘，沿着切线方向，以直线或者随曲面的弧度方向产生附加的延伸曲面。延伸曲面有两种方式：一种是同一曲面类型，将沿曲面的几何体延伸曲面；另一种是线性类型，将沿边线相切于原有曲面延伸曲面。

延伸曲面可以采用如下操作步骤。

01　单击【延伸曲面】按钮 延伸曲面，弹出【延伸曲面】属性面板。

02　激活【所选面/边线】收集框，在图形区域中选择曲面边线或曲面，被选几何体即会出现在该收集框中。

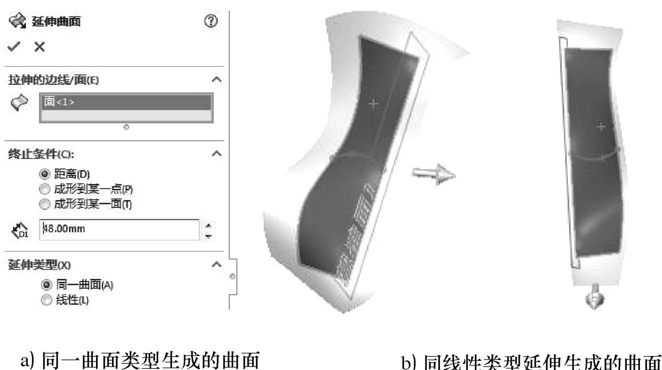
03　在【终止条件】选项区中选择第一种延伸终止条件【距离】。

延伸终止条件的含义如下。

技巧点拨	
	● 距离：在微调框中设定延伸曲面的距离。 ● 成形到某一点：延伸曲面到图形区域中选择的某一点。 ● 成形到某一面：延伸曲面到图形区域中选择的面。

04 在【延伸类型】选项区中，选择延伸类型为【同一曲面】。使用同一曲面类型和线性类型来延伸曲面的图形效果如图 4-74a、图 4-74b 所示。

05 单击【确定】按钮，完成曲面的延伸。



a) 同一曲面类型生成的曲面　　b) 同线性类型延伸生成的曲面

图 4-74　延伸曲面的生成效果

技巧点拨	如果在步骤 02 中选择的是曲面的边线，则系统会延伸这些曲线形成的曲面；如果选择的是曲面，则曲面上所有的边都相等地延伸整个曲面。

3. 延展曲面

【延展曲面】通过选择面的一条或多条边线来延伸曲面，或者选择整个面在其所有边线上相等地延伸整个曲面。

延展曲面在拆模时最常用。在零件进行模塑，产生凸凹模之前，必须先生成模块与分模面，延展曲面用来生成分模面。延展曲面有下面 4 种方法。

- 按照给定的距离值延伸曲面。
- 延展曲面到给定的曲面或模型表面。
- 延展曲面到给定模型的顶点。
- 通过延展相切曲线延展曲面。

创建延展曲面的操作步骤如下。

01 单击【延展曲面】按钮，弹出如图 4-75 所示的【延展曲面】属性面板。

【延展曲面】参数含义如下。

技巧点拨	● 延展方向参考：在图形区域选择模型面或者基准面作为延展方向曲面方向，其方向将平行于模型面。 ● 反向：单击后沿相反方向延展曲面。 ● 要延展的边线：在图形区域选择要延展的边线。 ● 延展距离：通过微调框来设定延展曲面的宽度。 ● 沿切面延伸：若勾选该复选框，曲面将继续沿零件的切面延伸。

02 设置参数后，单击【确定】按钮，完成【延展曲面】操作，如图 4-76 所示。



图 4-75 【延展曲面】属性面板

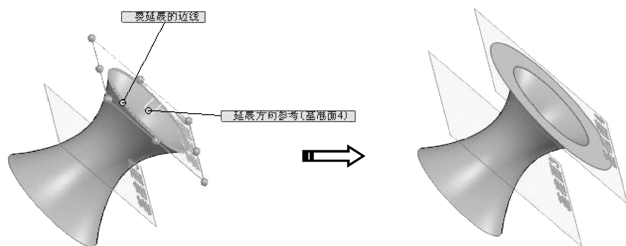


图 4-76 创建延展曲面

4. 缝合曲面

【缝合曲面】可将两个或多个相邻、不相交的曲面组合在一起。【缝合曲面】工具用于将相连的曲面连接为一个曲面。缝合曲面对于设计模具意义重大，因为缝合在一起的面，在操作中会作为一个面来处理，这样就可以一次选择多个缝合在一起的面。

单击【缝合曲面】按钮，打开【缝合曲面】属性面板，如图 4-77 所示。

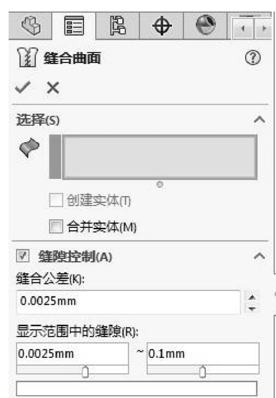


图 4-77 【缝合曲面】属性面板

属性面板中各选项含义如下。

- 【要缝合的曲面和面】收集框：为创建缝合曲面特征选取要缝合的多个面。
- 创建实体：勾选此复选框，将缝合后的封闭曲面转换成实体。

技巧点拨	默认情况下，如果缝合的曲面是封闭的，不勾选【创建实体】复选框也会自动生成实体。

- 合并实体：勾选此复选框，将缝合后生成的实体与其他实体进行合并，形成整体。
- 缝合公差：修改缝合曲面的公差，缝隙大的公差值就大，反之则取值为较小值。

5. 剪裁曲面

【剪裁曲面】是指在一个曲面与另一个曲面、基准面或草图交叉处修剪曲面，或者将曲面与其他曲面联合使用作为相互修剪的工具。

剪裁曲面主要有标准和相互两种方式：标准类型是指用曲面、草图实体、曲线、基准面等来剪裁曲面，相互类型是指用曲面本身剪裁曲面。

标准类型剪裁曲面操作步骤如下。

01 单击【剪裁曲面】按钮 剪裁曲面，打开如图 4-78 所示的【剪裁曲面】属性面板。

02 在【剪裁类型】选项区中，选中【标准】单选按钮。在【选择】选项区中，激活【剪裁工具】收集框，在图形区域中选择曲面 1。

03 选中【保留选择】单选按钮，并激活【保留的部分】收集框，选择曲面 2，如图 4-79 所示。

04 单击【确定】按钮✔，生成剪裁曲面，如图4-80b所示。若在步骤3中选中【移除选择】单选按钮，其产生的剪裁曲面效果如图4-80c所示。

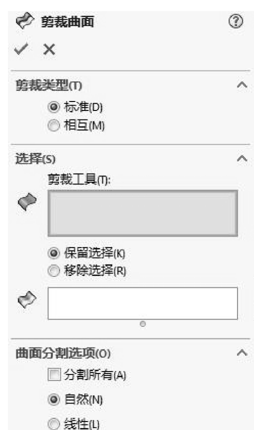


图4-78　属性面板

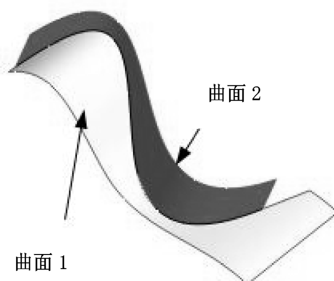
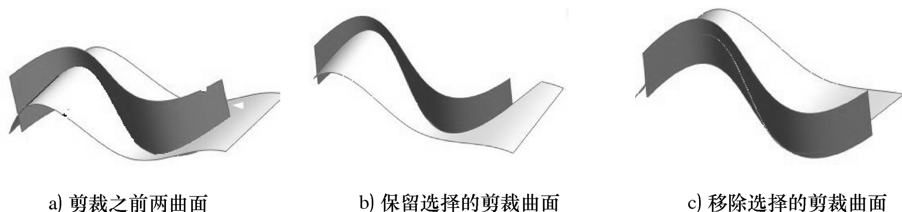


图4-79　选择曲面2



a) 剪裁之前两曲面　　b) 保留选择的剪裁曲面　　c) 移除选择的剪裁曲面

图4-80　剪裁曲面

6. 加厚

【加厚】可根据所选曲面创建具有一定厚度的实体，如图4-81所示。

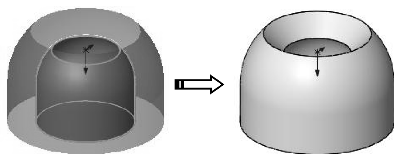


图4-81　加厚曲面生成实体

单击【加厚】按钮，打开【加厚】属性面板，如图4-82所示。



图4-82　【加厚】属性面板

技巧点拨	必须先创建曲面特征，【加厚】命令才可用。

属性面板中包括3种加厚方法：加厚侧边1、加厚两侧和加厚侧边2。

- 加厚侧边1：此加厚方法在所选曲面的上方生成加厚特征，如图4-83a所示。
- 加厚两侧：在所选曲面的两侧同时加厚，如图4-83b所示。
- 加厚侧边2：在所选曲面的下方生成加厚特征，如图4-83c所示。

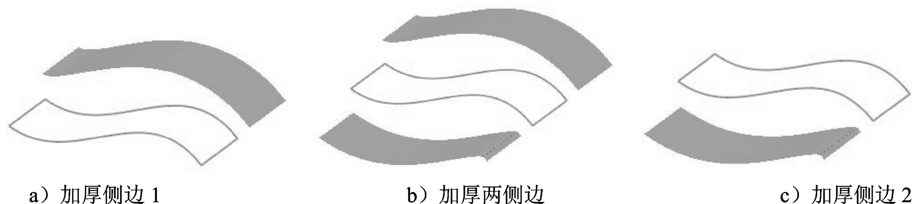

a）加厚侧边1　　b）加厚两侧边　　c）加厚侧边2

图4-83　加厚方法

7. 使用曲面切除

【使用曲面切除】工具可使用曲面来分割实体。如果是多实体零件，可选择要保留的实体。单击【使用曲面切除】按钮使用曲面切除，打开【使用曲面切除】属性面板，如图4-84所示。

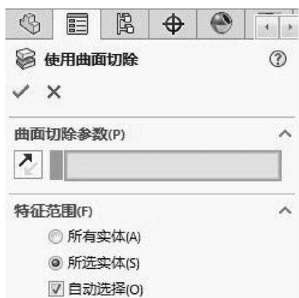


图4-84　【使用曲面切除】属性面板

图4-85为曲面切除的操作过程。

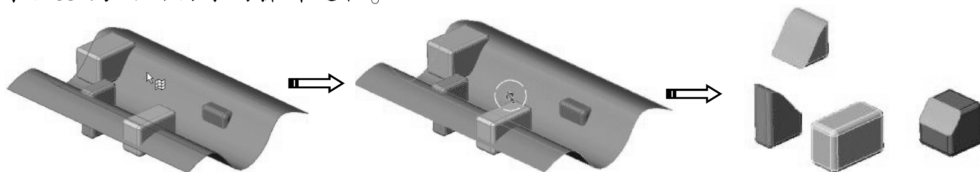


图4-85　曲面切除



4.2.4　高级曲面造型——勺子曲面造型

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch04 \ 勺子.sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch04 \ 勺子曲面造型.avi

在本例中，将运用到拉伸曲面、旋转曲面、剪裁曲面、等距曲面、圆角曲面、删除曲面、直纹曲面、缝合曲面、加厚等曲面工具。

勺子曲面造型如图 4-86 所示。

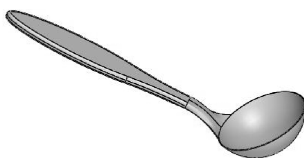


图 4-86　勺子造型

01　新建 SolidWorks 零件文件。

02　利用【草图绘制】命令在前视基准面上绘制如图 4-87 所示的草图 1。

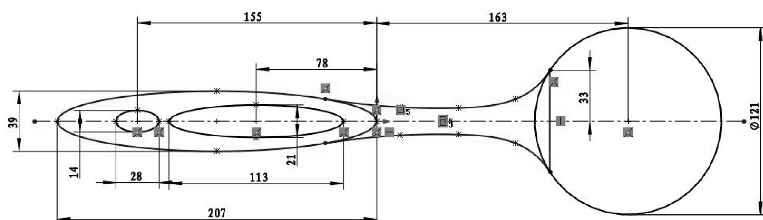


图 4-87　绘制草图 1

03　利用【草图绘制】命令在上视基准面上绘制如图 4-88 所示的草图 2。

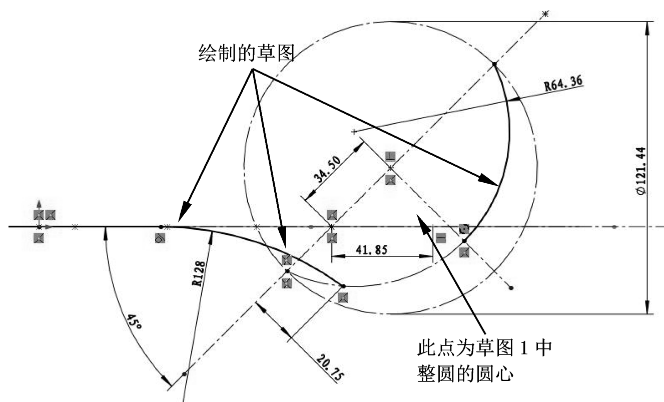


图 4-88　绘制草图 2

04　利用【拉伸曲面】命令，选择草图 2 中的部分曲线来创建拉伸曲面，如图 4-89 所示。

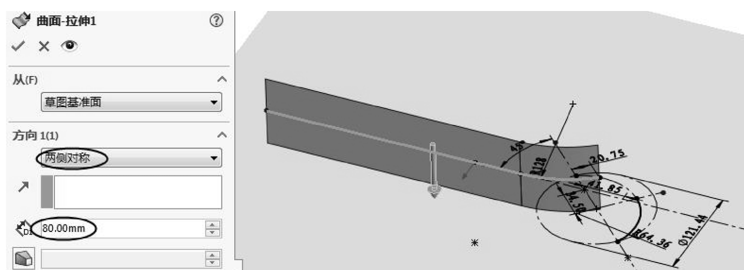
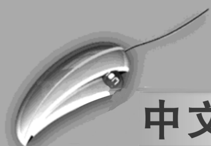


图 4-89　创建拉伸曲面



技巧点拨

由于线条比较多，为了让大家看得更清楚绘制了多少曲线，将原参考草图 1 暂时隐藏，如图 4-90 所示。

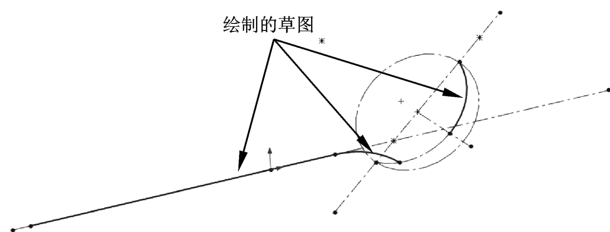


图 4-90　隐藏草图 1 观察草图 2

05 利用【旋转曲面】命令，选择如图 4-91 所示的旋转轮廓和旋转轴，创建旋转曲面。

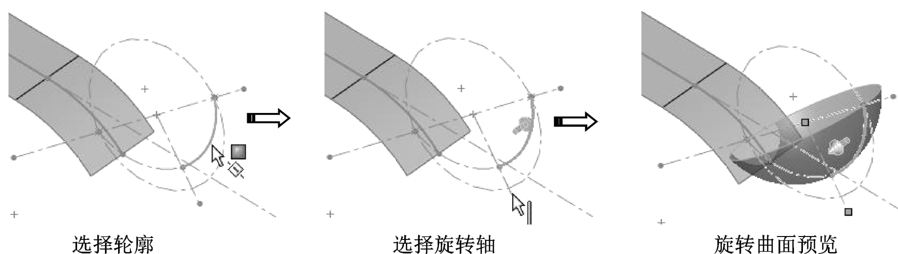


图 4-91　创建旋转曲面

06 利用【剪裁曲面】命令，采用【标准】剪裁类型，选择草图 1 作为剪裁工具，在拉伸曲面中选择要保留的曲面部分，如图 4-92 所示。

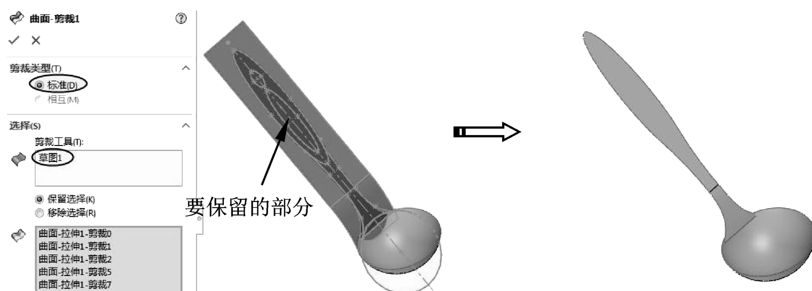


图 4-92　剪裁曲面

07 单击【等距曲面】按钮，打开【曲面－等距】属性面板，选择如图 4-93 所示的曲面进行等距复制。

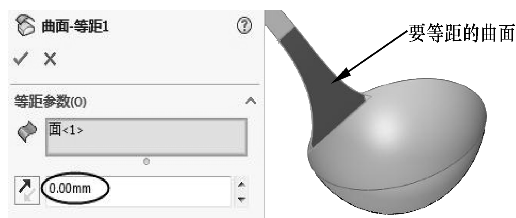


图 4-93　创建等距曲面

08 利用【基准面】工具，创建如图 4-94 所示的基准面 1。

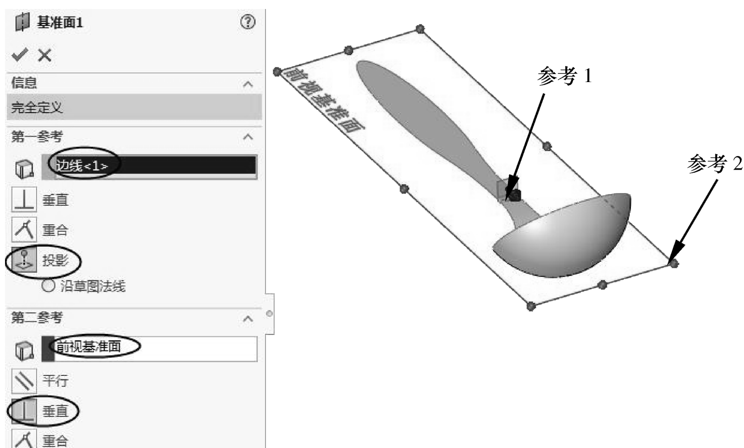


图 4-94　创建基准面 1

09 利用【剪裁曲面】工具，以基准面 1 为剪裁工具，剪裁如图 4-95 所示的曲面（此曲面为前面剪裁后的曲面）。

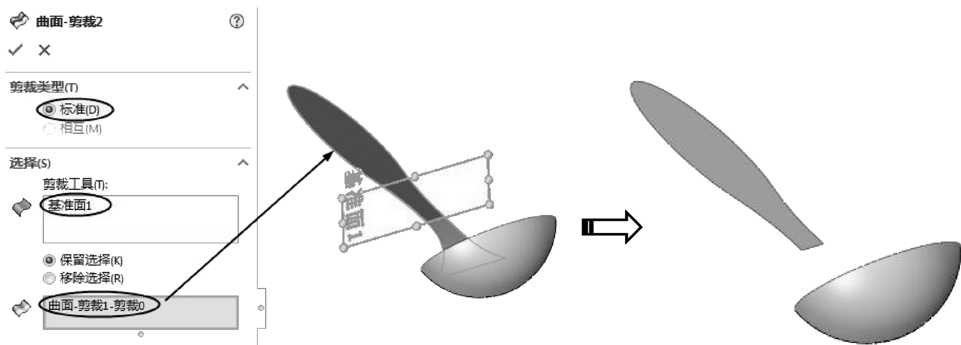


图 4-95　剪裁曲面

10 单击【加厚】按钮加厚，打开【加厚】属性面板。选择剪裁后的曲面进行加厚，厚度为 10，单击【确定】按钮，完成加厚，如图 4-96 所示。

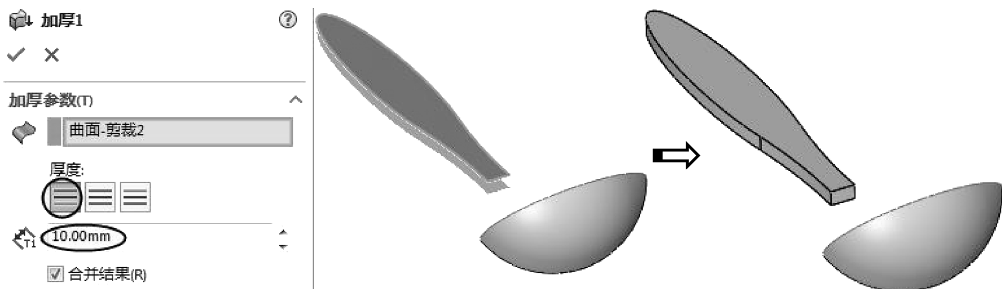


图 4-96　创建加厚

11 利用【圆角】工具，对加厚的曲面进行圆角处理，半径为 3，结果如图 4-97 所示。

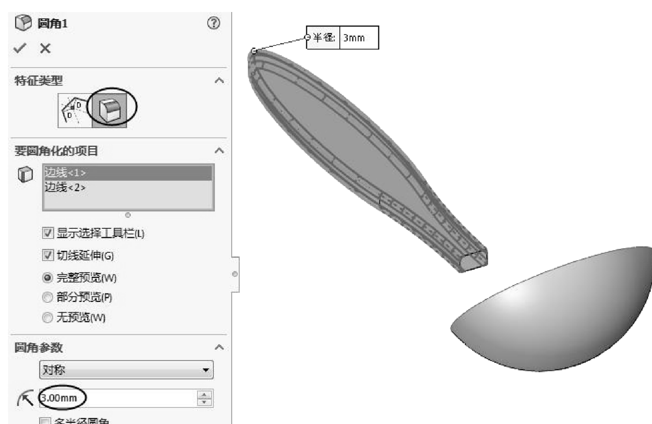


图 4-97　创建圆角

12　单击【删除面】按钮，选择如图 4-98 所示的两个面进行删除。

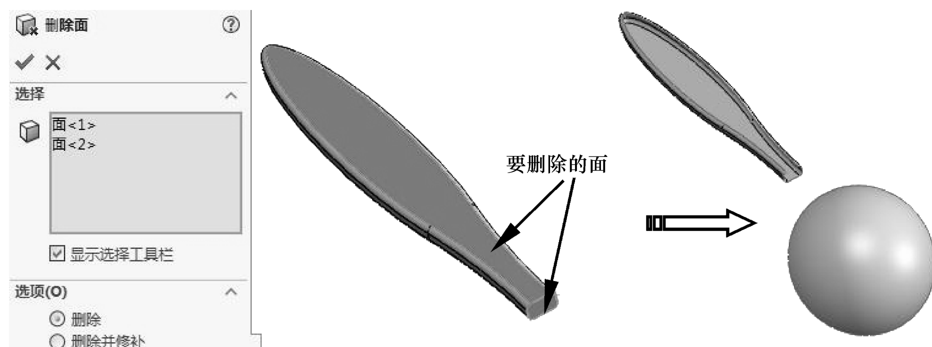


图 4-98　删除面

13　利用【直纹曲面】工具，选择等距曲面 1 上的边，创建直纹曲面，如图 4-99 所示。

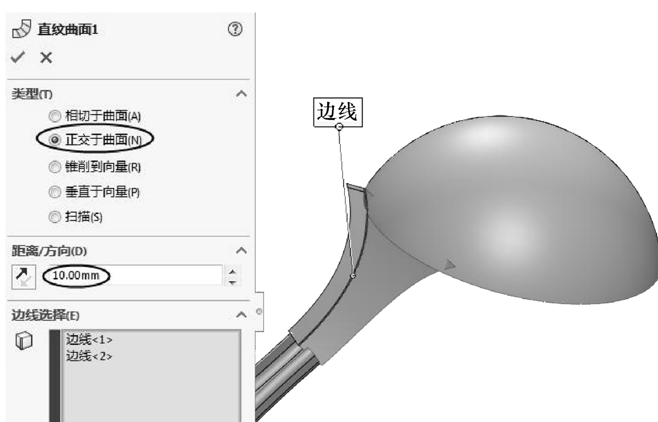


图 4-99　创建直纹曲面

14　利用【分割线】工具，选择上视基准面作为分割工具，选择两个曲面作为分割对象，创建如图 4-100 所示的分割线 1。

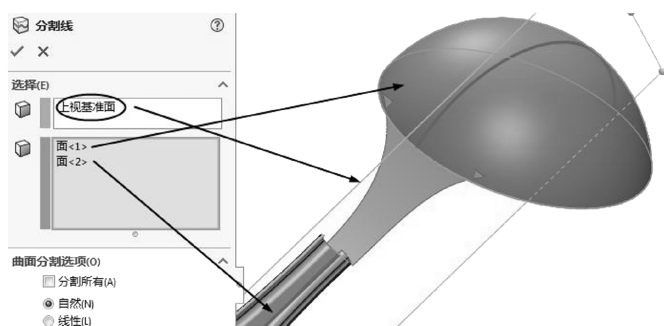


图 4-100　创建分割线 1

15　利用【分割线】工具，创建如图 4-101 所示的分割线 2。

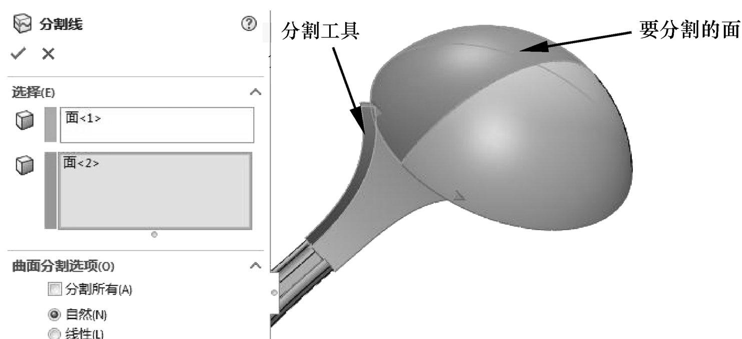


图 4-101　创建分割线 2

16　在上视基准面绘制如图 4-102 所示的草图 3。

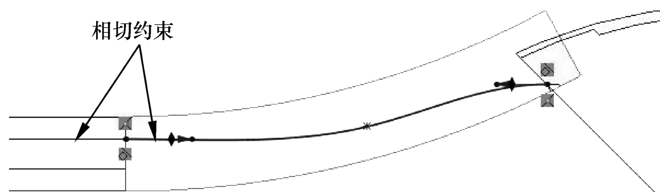


图 4-102　绘制草图 3

17　利用【投影曲线】工具，将草图 3 投影到直纹曲面上，如图 4-103 所示。

18　随后在上视基准面中绘制如图 4-104 所示的草图 4。

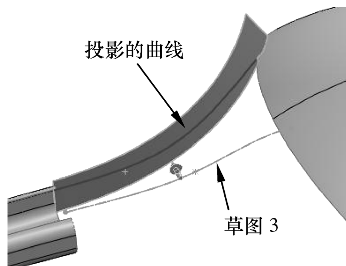


图 4-103　投影草图 3

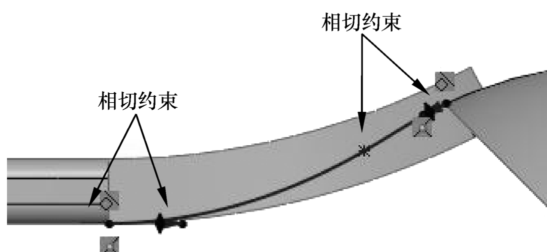


图 4-104　绘制草图 4

19 利用【组合曲线】工具，选择如图 4-105 所示的 3 个边，创建组合曲线。

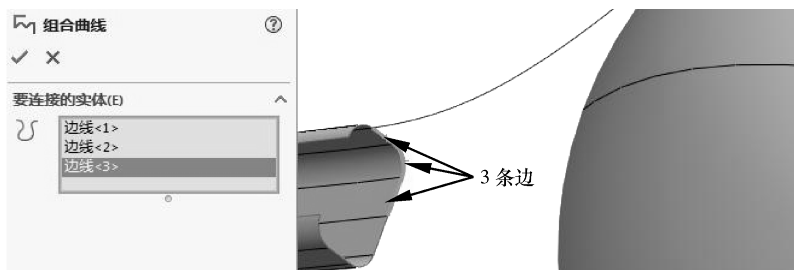


图 4-105 创建组合曲线

20 利用【放样曲面】工具，创建如图 4-106 所示的放样曲面。

21 利用【镜像】工具，将放样曲面镜像至上视基准面的另一侧，如图 4-107 所示。

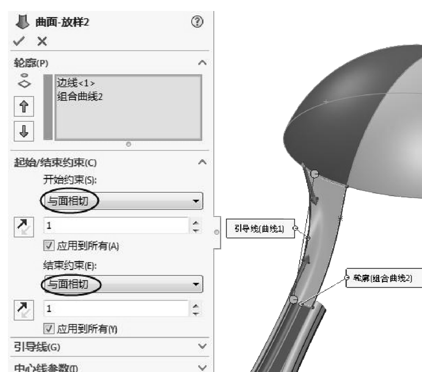


图 4-106 创建放样曲面

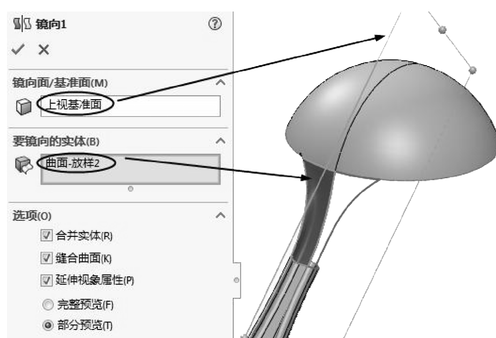


图 4-107 镜像放样曲面

22 在上视基准面绘制如图 4-108 所示的草图 5。

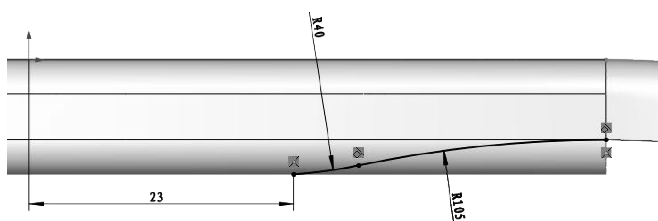


图 4-108 绘制草图 5

23 利用【剪裁曲面】工具，用草图 5 中的曲线剪裁手把曲面，如图 4-109 所示。

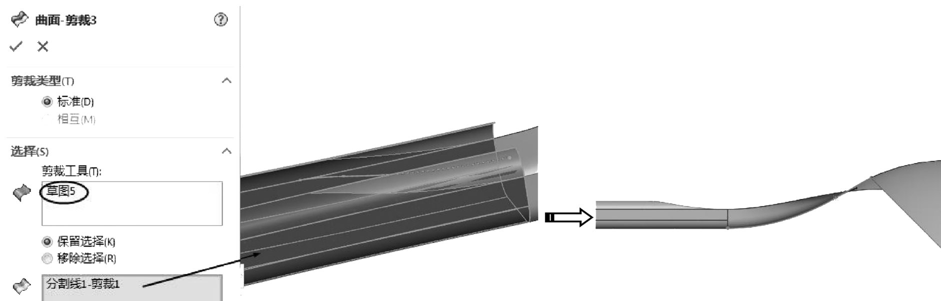


图 4-109 剪裁手把曲面

24 利用【缝合曲面】工具，缝合所有曲面。利用【加厚】命令，创建厚度为 0.8 的加厚特征。

25 至此，完成了勺子的造型设计，结果如图 4-110 所示。

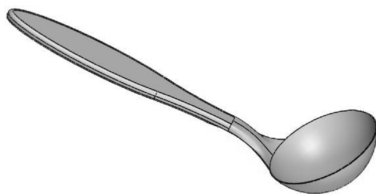


图 4-110　完成的勺子造型

4.3 曲面建模训练——花式瓷瓶造型设计

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch04 \ 花式瓷瓶 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch04 \ 花式瓷瓶造型设计 . avi



建模方法解析

本案例将详解花式瓷瓶的曲面造型设计过程，图 4-111 为花式瓷瓶造型。



4-111　花式瓷瓶造型

绘图分析：

（1）利用草图功能绘制造型曲线。
（2）利用扫描曲面功能设计瓶身和手柄。
（3）建模流程的图解如图 4-112 所示。

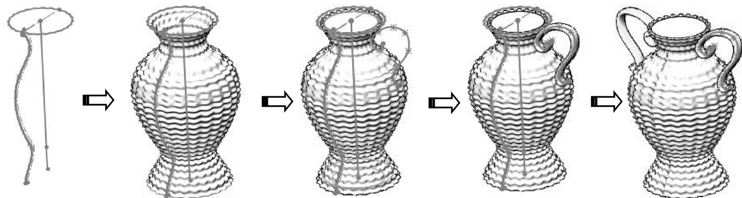
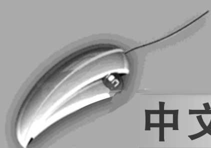


图 4-112　建模流程图解



设计步骤：

01 新建 SolidWorks 零件文件。

02 在前视基准面中绘制草图 1，如图 4-113 所示。

03 随后继续绘制草图 2，如图 4-114 所示。

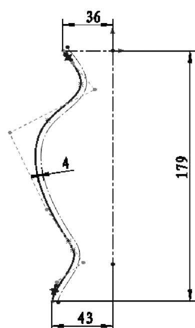


图 4-113 绘制草图 1

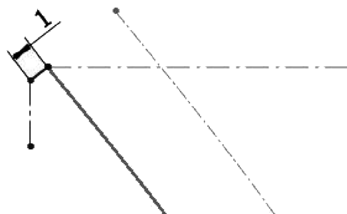


图 4-114 绘制草图 2

04 利用【扫描曲面】工具，选择草图 1 和草图 2，创建扫描曲面 1，如图 4-115 所示。



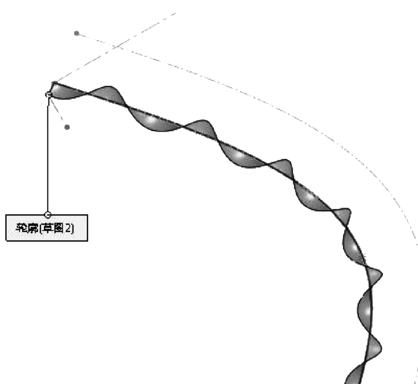


图 4-115 创建扫描曲面 1

05 利用【基准面】工具创建如图 4-116 所示的基准面 1。

06 在基准面 1 上绘制如图 4-117 所示的草图 3。



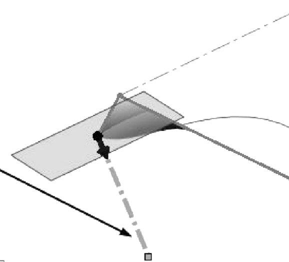


图 4-116 创建基准面 1

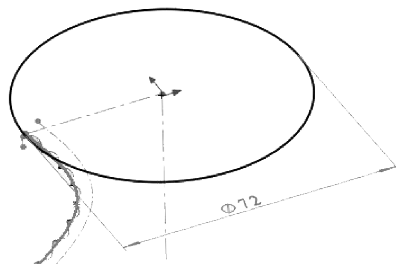


图 4-117 绘制草图 3

07 在前视基准面中绘制草图4，如图4-118所示。

08 利用【扫描曲面】工具，选择草图3和草图4，创建扫描曲面2，如图4-119所示。

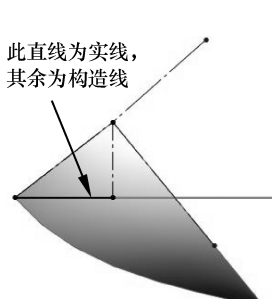


图4-118　绘制草图4

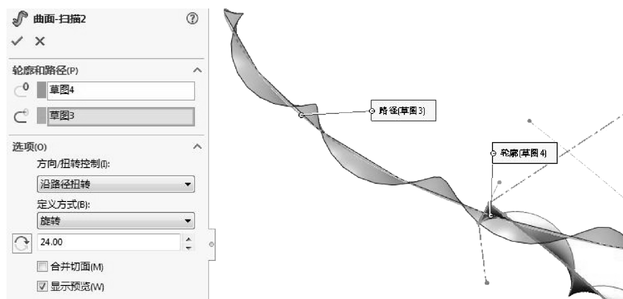


图4-119　创建扫描曲面2

09 在前视基准面中绘制草图5（为扫描曲面1的扭转边线），如图4-120所示。

10 在平面1中绘制草图6（为扫描曲面2的扭转边线），如图4-121所示。

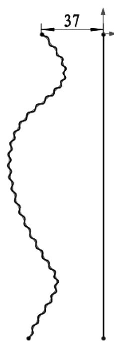


图4-120　绘制草图5

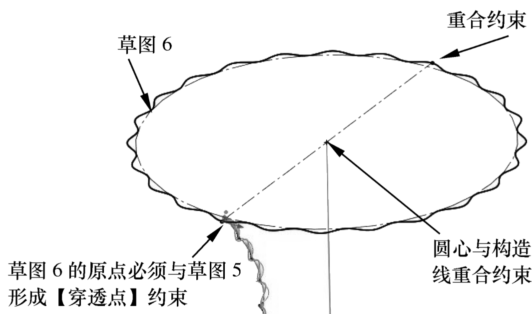


图4-121　绘制草图6

技巧点拨	要创建穿透点约束，必须按住【Ctrl】键选择当前草图中的草图点（包括直线端点、坐标系原点）和其他草图曲线、边线或轴。

11 利用【扫描曲面】工具，创建如图4-122所示的扫描曲面3。

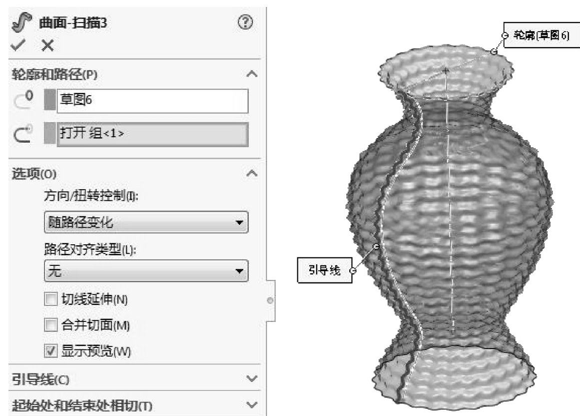


图4-122　创建扫描曲面3

技巧点拨	扫描曲面 3 的轮廓线为草图 5 中的竖直直线，引导线为扫描曲面 1 的扭转边线，而不是草图 5 中的样条曲线。

12 利用【填充曲面】工具，创建填充曲面，如图 4-123 所示。

13 利用【平面区域】工具，创建平面区域，如图 4-124 所示。

14 利用【缝合曲面】工具，缝合所有曲面。

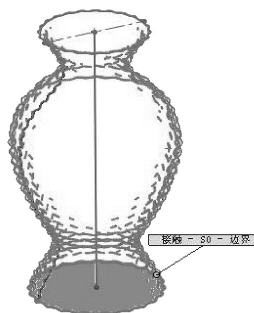


图 4-123　创建填充曲面

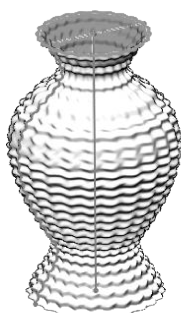


图 4-124　创建平面区域

15 利用【旋转切除】工具，在前视基准面上绘制草图 7，完成旋转切除特征的创建，如图 4-125 所示。

16 利用【圆角】工具，创建如图 4-126 所示的圆角特征。

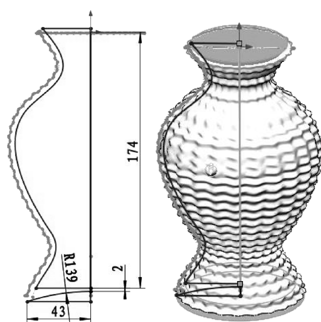


图 4-125　创建旋转切除特征

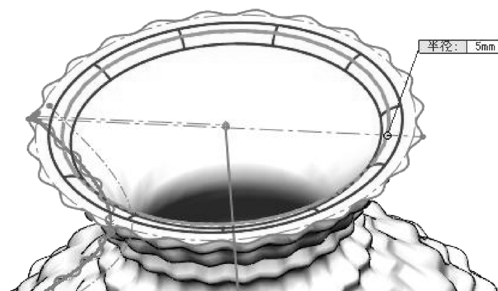


图 4-126　创建圆角特征

17 在右视基准面上绘制草图 8，如图 4-127 所示。

18 在草图 8 样条曲线端点上创建基准面 2，如图 4-128 所示。

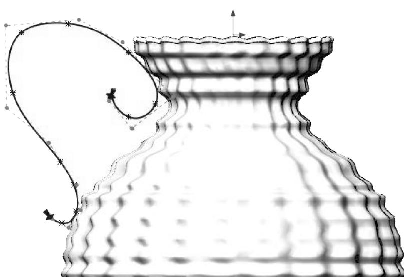


图 4-127　绘制草图 8

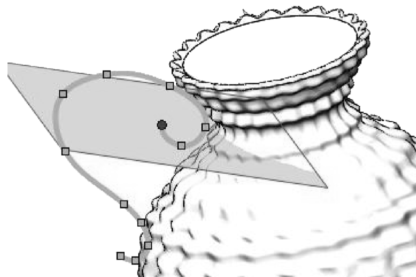


图 4-128　创建基准面 2

19　在基准面 2 上绘制草图 9（椭圆），如图 4-129 所示。

20　利用【扫描曲面】工具，创建扫描曲面 4，如图 4-130 所示。

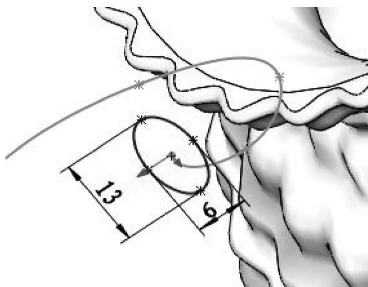


图 4-129　绘制草图 9

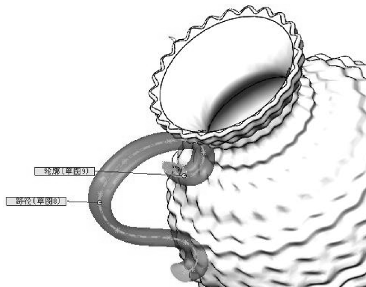


图 4-130　创建扫描曲面 4

21　利用【填充曲面】工具，填充扫描曲面 4 的两个端口，填充其中一个端口的操作如图 4-131 所示。同理，完成另一端口的填充。

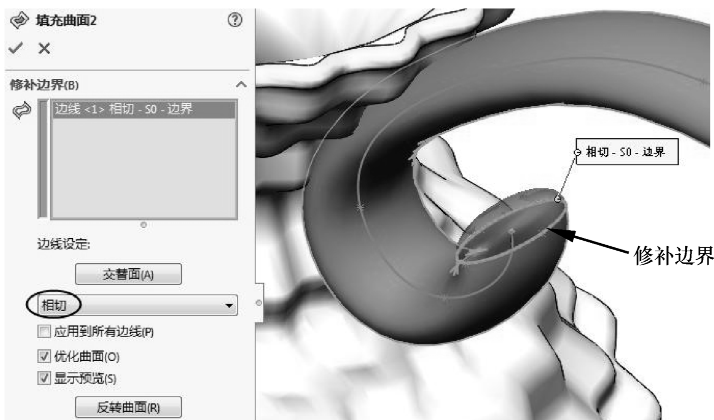


图 4-131　创建填充曲面

22　利用【缝合曲面】工具缝合扫描曲面 4 和两个端口的填充曲面。缝合时使其形成实体。利用【镜像】工具，将缝合的实体镜像至另一侧，结果如图 4-132 所示。

23　利用菜单栏中【插入】|【特征】|【组合】命令，将所有实体组合成整体。

24　至此，完成了花瓶的造型设计，结果如图 4-133 所示。



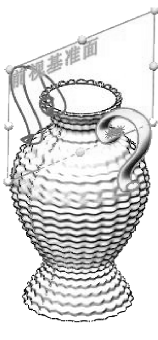


图 4-132　创建镜像特征

图 4-133　创建完成的花瓶

4.4 技术解惑

很多人可能对曲面的光顺与连续性不太明白，特别是在工业制造中很多曲面要求较高，所以有必要对曲面的光顺性、连续性以及 A 级曲面对汽车车身设计的重要性作一些介绍。

 4.4.1 一般曲面的光顺及连续性

SolidWorks 提供了很多构造过渡曲面的方法，主要包括过渡圆角方法、边界曲面方法、填充曲面和放样曲面方法等。

1. 过渡圆角方法

如要光顺如图 4-134 所示的 S1 和 S2 两曲面间的过渡圆角曲面，可在软件 UG 中利用面倒圆法、软倒圆法和样式圆角法求得，所得到的过渡圆角曲面如图 4-135 所示。

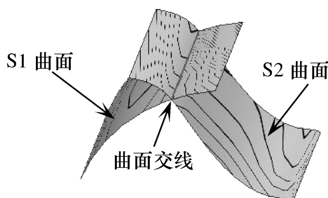


图 4-134 要创建过渡曲面的参照曲面

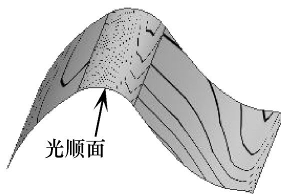


图 4-135 获得的过渡曲面

2. 填充曲面方法

用填充曲面方法做连续性的曲面是非常可靠的，可以做 G1 相切连续和 G2 曲率连续。图 4-136 中两个曲面间用草图曲线连接起来，曲线与连接的曲面边线之间也是 G1 连续。

利用【填充曲面】工具，选择曲面边线和草图曲线，组成填充区域，如图 4-137 所示。

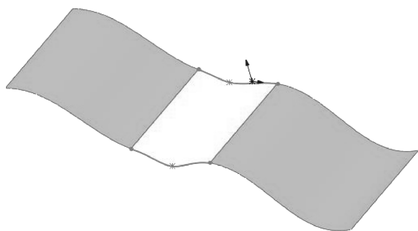


图 4-136 曲面与曲线

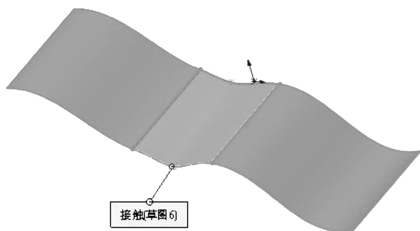
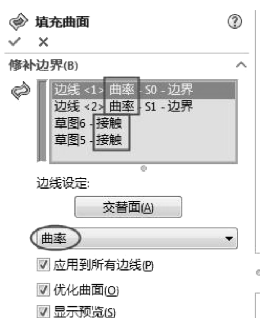


图 4-137 选择边界

在【填充曲面】属性面板中设置填充曲面与主曲面之间的连续性为【曲率】，草图曲线由于没有曲面，所以构不成曲率连续，只能是【G0 连接（接触）】，如图 4-138 所示。



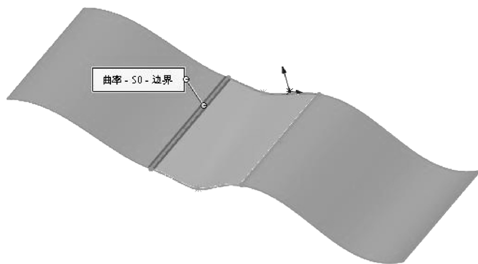


图 4-138 设置曲面连续性

在使用【填充曲面】工具时，一定要了解曲面和

曲面曲率连续的条件，根据光顺的具体情况来合理选用。

3. 边界曲面与放样曲面方法

在过渡曲面的光顺中，边界曲面也是一种很好的方法。【边界曲面】与【填充曲面】有些类似。不同的是，边界曲面的【边界】可以形成网格状，其中的起始曲线和结束曲线可与基本曲面之间有连续性要求，可根据需要给出位置方向向量或【无】（G0）、【与面相切】（G1）和【与面的曲率】（G2 连续）。图 4-139 中，选择方向 1 和方向 2 各两组边界曲线（可以是边、曲线或草图），设置边界曲面与主曲面的连续性，还可设置边界曲面与曲线的连续性。

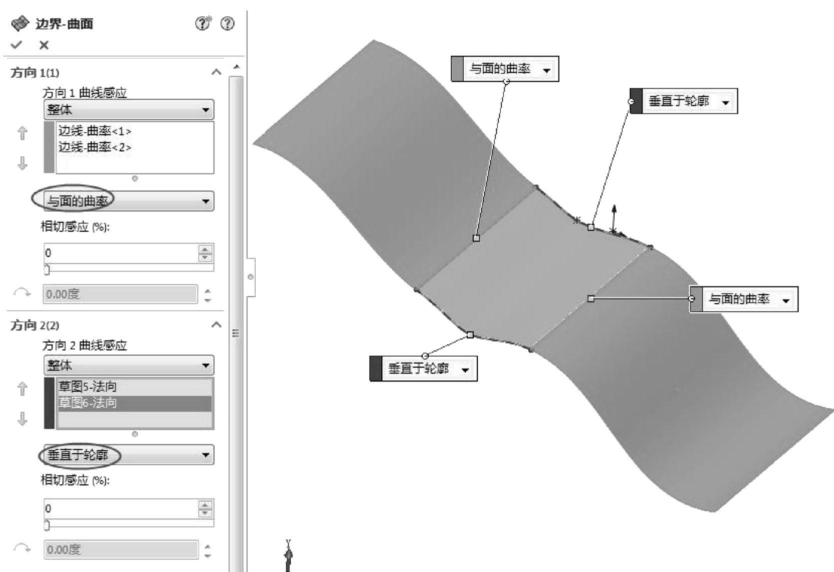


图 4-139　设置边界曲面的连续性

放样曲面的构造如图 4-140 所示，在两个基本曲面之间创建的放样曲面与主曲面之间可以是相切连续，也可以是曲率连续。图 4-141 中桥接后的过渡曲面与基本曲面之间曲率连续。

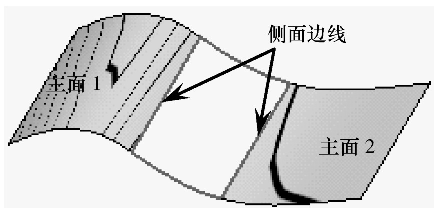


图 4-140　放样曲面

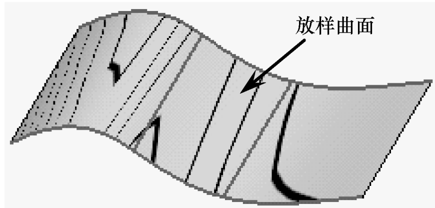


图 4-141　桥接后的过渡曲面

以上的连续性方法，可用于构建 A 级曲面，但要应用于 A 级曲面的光顺，还需进行曲率或挠率连续的拼接。



4. 4. 2　汽车外观造型设计的 A 级曲面概念

轮廓曲面通常都是 A 级曲面，这样的曲面通常都要求曲率连续，沿着曲面和相邻的曲

面有几乎相同的曲率半径（相差0.05或更小，位置偏差0.001mm或角度相差0.016度）。

就曲率的变化来说，光是曲率连续是不足以做出A级曲面的，还要求曲率的变化本身也是光顺的，这就引出了G3概念。当然并不是说A级曲面都要求G3，但是比较接近G3的品质对曲面的品质肯定是有好处的。

1. A级曲面的特点

A级曲面具有以下特点。

- A级曲面用高光等高线检测时显亮的曲线应该有一个共同的曲率特征，等高线连续且过渡均匀，逐渐发散或收缩，而不是一下子汇集消失到一点。
- A级曲面上的控制点应该按一定的规律分布，一行控制点与另一行相邻的控制点的角度变化应该有一定的规律可循，这是绘制高质量的曲线所必需的。
- A级曲面模型的曲面的边界线应该可以被编辑、移动以生成另外一条曲线，同时这条新生成的曲线可以重新加入曲面来控制区面。
- A级曲面的阶次和控制点数目一般应该是6，有时候可能会更高。

2. A级曲面光顺原则

A级曲面光顺原则如下。

- 所有特征都必须具有可扩展性和可编辑性。
- 所有特征都必须分解成单凸或单凹特征。
- 所有特征面的光顺保证2阶导数以上连续。
- 所有特征线（面）函数必须小于6阶。
- 所有特征间的连接要2阶导数以上连续（曲率连续）。
- 所有特征间的连接偏差小于0.0001。
- 一块大面上多特征拼接的，建模默认误差小于0.0001，角度误差小于0.01度。
- 单一特征面的建模默认误差小于0.00001，角度误差小于0.001度。
- 造型决定的不同特征形状可不要求曲率连续或相切连续。
- 在不能保证大特征面如上质量的情况下，宁可牺牲边界线、缝线或特征连接，特征的连续要保证相切连续（角度误差小于0.1度）。
- 不明显的局部特征过渡区允许曲率不连续，但要保证相切连续。
- 大于R10的倒角，要考虑搭桥，保证曲率连续。

第 5 章

机械标准件设计



本章导读

SolidWorks 2018 为用户提供了用于机械标准件的设计插件，这些插件包括官方内部使用的插件，也包括其他合作公司所制作的外部插件。本章我们将学习内部插件和外部插件的使用方法。



案例展现

ANLIZHANXIAN

案 例 图	描 述
	应用 DimXpert（尺寸专家），可以直接在 3D 图形中按照标准生成标注，并在工程图中直接根据标注生成图样
	应用 GearTrax 设计齿轮非常方便，可以设计各型齿轮、带轮及蜗轮蜗杆、花键等标准件
	应用 VBA 编写的 SolidWorks 弹簧宏程序，可以快速制作出弹簧模型

5.1 SolidWorks 内置机械插件应用

在 SolidWorks 中进行机械设计，零件建模是最重要的。机械零件的结构比一般塑胶产品的结构要简单许多，建模也轻松许多，关键在于如何利用 SolidWorks 内含插件以及外挂插件。在本节中我们将详细介绍内部插件 FeatureWorks、Toolbox、TolAnalyst 和外部插件（齿轮插件、凸轮插件、弹簧插件及 3Dsource 零件库等）的基本用法。

 5.1.1 FeatureWorks 插件应用

FeatureWorks 插件用于识别 SolidWorks 零件文件中输入实体的特征，特征识别后将与 SolidWorks 生成的特征相同，并带有某些设计特征的参数。

1. 载入 FeatureWorks 插件

要应用 FeatureWorks 插件，可在【插件】对话框中勾选【FeatureWorks】插件选项，单击【确定】按钮，如图 5-1所示。FeatureWorks 有两个功能：识别特征和 FeatureWorks 选项。



图 5-1 应用 FeatureWorks 插件

2. FeatureWorks 选项

在菜单栏中执行【插入】|【FeatureWorks】|【选项】命令，打开【FeatureWorks 选项】对话框，如图 5-2所示。

【FeatureWorks 选项】对话框中有 4 个页面设置选项。

- 【普通】页面：此页面主要设置打开其他格式文件时需要做出的动作。勾选【零件打开时提示识别特征】复选框，可以对模型进行诊断，并对诊断出现的错误进行修复。
- 【尺寸/几何关系】页面：此页面主要控制输入模型的尺寸标注和几何约束关系，如图 5-3 所示。



图 5-2 【FeatureWorks 选项】对话框



图 5-3 【尺寸/几何关系】页面

- 【调整大小工具】页面：此页面用来控制模型识别后，特征属性管理器中所显示特征的排列顺序，排序的方法是凸台/基体特征→切除特征→其他子特征，如图 5-4 所示。
- 【高级控制】页面：此页面控制识别特征的方法和结果显示，如图 5-5 所示。



图 5-4　【调整大小工具】页面



图 5-5　【高级控制】页面

3. 识别特征

对于软件初学者来说，此功能无疑大有用处，可以参考识别后的数据进行建模训练学习。

技巧点拨	此功能并非能将所有特征都识别，例如在输入文件时，没有进行诊断或者诊断后没有修复错误的模型，是不能完全识别出所包含的特征的。

输入其他格式的文件模型后，在菜单栏中执行【插入】|【FeatureWorks】|【识别特征】命令，打开【FeatureWorks】属性面板，如图 5-6 所示。

通过此属性面板，可以识别标准特征（即在建模环境下创建的模型）和钣金特征。

4. 自动识别

自动识别可根据在【FeatureWorks 选项】对话框中设置的识别选项进行识别操作。自动识别的【标准特征】的特征类型位于【自动特征】选项区中，包括拉伸、体积、拔模、旋转、孔、圆角/倒角、筋等常见特征。

若不需要识别某些特征，可以在【自动特征】选项区中取消勾选。

在【钣金特征】特征类型中，可以修复多个钣金特征，如图 5-7 所示。

5. 交互识别

交互识别可通过用户手动选取识别对象



图 5-6　FeatureWorks 属性面板

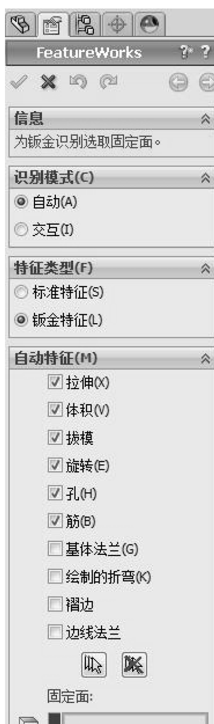


图 5-7　能识别的钣金特征类型

进行自我识别，如图 5-8 所示。例如，在【交互特征】选项区的【特征类型】中选择其中一种特征类型，然后选取整个模型，SolidWorks 会自动甄别模型中是否有识别的特征。如果能识别，可以单击属性面板中的【下一步】按钮，查看识别的特征。例如，选择一个模型来识别圆角，如图 5-9 所示。

技巧点拨

如果您选择了一种特征类型，而模型中却没有这种特征，那么将不会识别成功，会弹出识别错误提示，如图 5-10 所示。



图 5-10　不能识别的提示



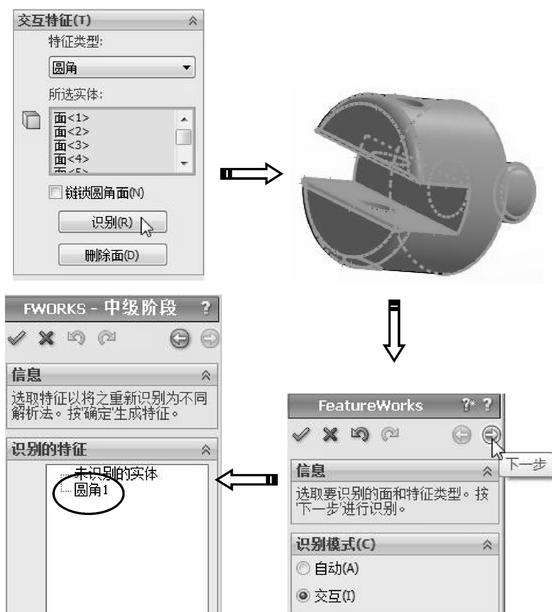


图 5-8　交互识别模式　　　　图 5-9　交互识别操作

完成一个特征识别后，该特征将会隐藏，余下特征将继续识别，如图 5-11 所示。

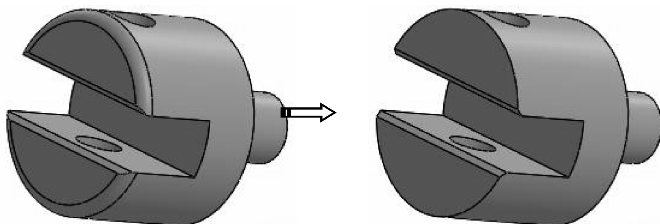


图 5-11　识别后（圆角）将不再显示此特征

单击【删除面】按钮，可以删除模型中的某些子特征。例如，选择要删除的1个或多个特征所属的曲面后，单击【删除】按钮，此特征被移除，如图5-12所示。

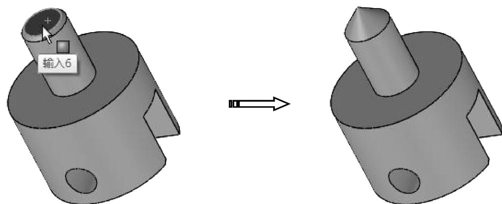


图5-12 删除面

技巧点拨	并非所有类型的特征都能删除。父特征（凸台/基体特征）是不能删除的，如果删除，将弹出警告信息，如图5-13所示。要删除的特征必须是独立的特征——即独立的子特征。

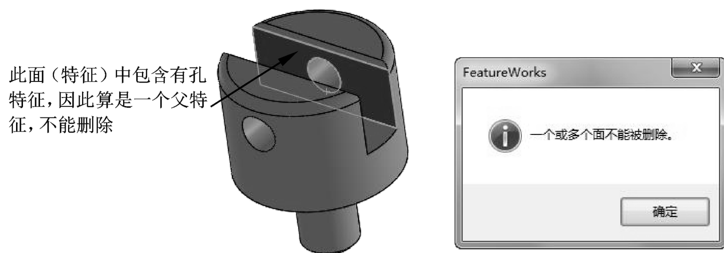


图5-13 不能删除的信息提示

上机操作——识别特征并修改特征

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch05 \ 识别特征并修改特征. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch05 \ 识别特征并修改特征. avi

01 打开本例的【零件 . sldprt】UG格式文件，如图5-14所示。

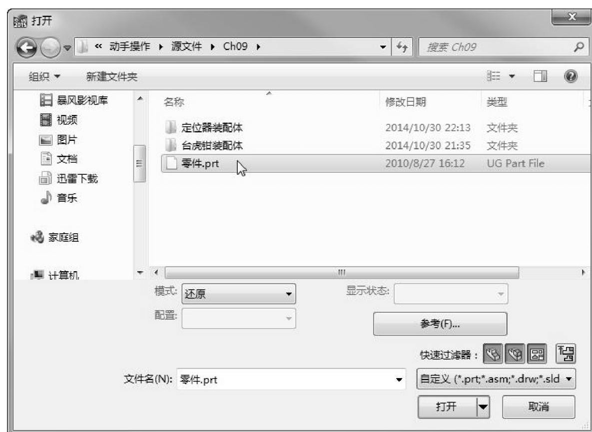


图5-14 打开UG格式文件

02 随后弹出【SolidWorks】信息提示对话框，单击【是】按钮，自动对载入的模型进行诊断，如图5-15所示。

技巧点拨	进行诊断能使特征的识别工作进行得更加顺利。

03 随后打开【输入诊断】属性面板。面板中显示无错误，单击【确定】按钮✔，完成诊断并载入零件模型，如图 5-16 所示。

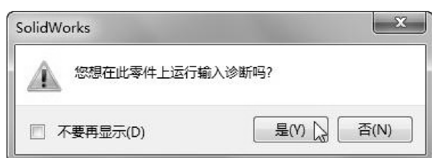


图 5-15　诊断确认

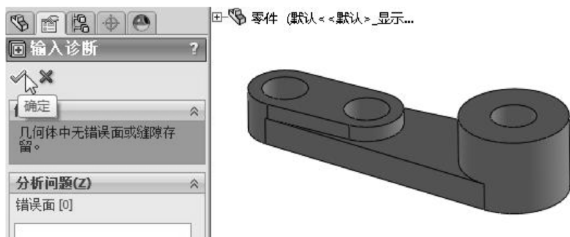


图 5-16　完成诊断并输入模型

技巧点拨	一般情况下，实体模型在转换时是不会产生错误的。而其他格式的曲面模型则会出现错误，包括前面交叉、缝隙、重叠等，需要及时进行修复。

04 在菜单栏中执行【插入】|【FeatureWorks】|【识别特征】命令，打开 FeatureWorks 属性面板。

05 选择【自动】识别模式，然后全部选中模型中的特征，如图 5-17 所示。

06 单击【下一步】按钮，运行自动识别，识别的结果显示在列表中，从结果中可以看出此模型中有 5 个特征被成功识别，如图 5-18 所示。

07 单击【确定】按钮✔，完成特征识别操作，特征属性管理中显示识别结果，如图 5-19 所示。



图 5-17　全部选中要识别的特征

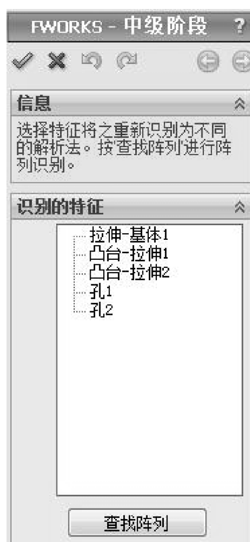


图 5-18　识别特征

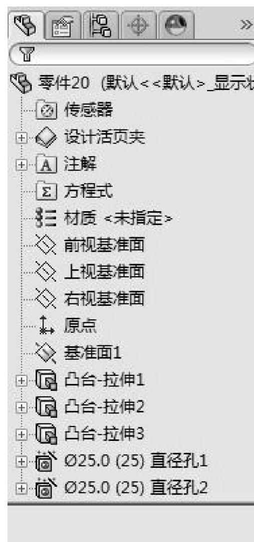


图 5-19　显示识别结果

08 修改【凸台－拉伸 2】特征，更改高度值 9 为 15，如图 5-20 所示。

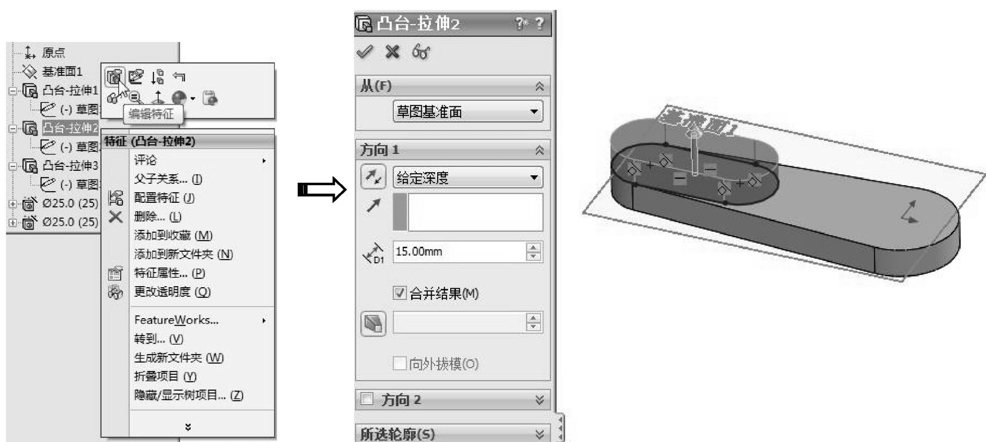


图 5-20　编辑拉伸特征

09　完成后将结果保存。



5.1.2　Toolbox 插件的应用

Toolbox 是 SolidWorks 的内置标准件库，与 SolidWorks 软件集成为一体（在安装 SolidWorks 时将会一起安装）。利用 Toolbox，用户可以快速生成并应用标准件，或者直接向装配体中调入相应的标准件。SolidWorks Toolbox 包含螺栓、螺母、轴承等标准件，以及齿轮、链轮等动力件。

管理 Toolbox 文件的过程实际上是配置 Toolbox 的过程。用户可以通过以下方式开始对 Toolbox 的配置过程。

01　选择菜单栏中的【工具】|【选项】命令，或单击快速访问选项卡中的【选项】按钮，在【系统选项】对话框中选择【异型孔向导/Toolbox】选项，如图 5-21 所示。

02　配置过程开始后，系统弹出如图 5-22 所示的 Toolbox 设置向导。设置向导共有 5 个步骤，分别为选取五金件、定义五金件、定义用户设定、设定权限、配置智能扣件。



图 5-21　通过【系统选项】配置 Toolbox



图 5-22　Toolbox 设置向导

1. 生成 Toolbox 标准件的方式

Toolbox 可以通过两种方式生成标准件：基于主零件建立配置和直接复制主零件为新零件。

Toolbox 中提供的主零件文件包含用于建立零件的几何形状信息，每一个文件最初安装后只包含一个默认配置。对于不同规格的零件，Toolbox 利用包含在 Access 数据库文件中的信息来建立。

用户向装配体中添加 Toolbox 标准件时，若是基于主零件建立配置，则装配体中的每个实例为单一文件的不同配置；若是直接通过复制的方法生成单独的零件文件，则装配体中每个不同的 Toolbox 标准件为单独的零件文件。

用户可以在配置 Toolbox 向导的第 3 个步骤中设定选项，以确定 Toolbox 零件的生成和管理方式。配置 Toolbox 向导中的第 3 个步骤如图 5-23 所示。



图 5-23　Toolbox 用户设定

其中各个选项含义如下。

- 生成配置：向装配体中添加的 Toolbox 标准件是主零件中生成的一个新配置，系统不生成新文件。
- 生成零件：向装配体中添加的 Toolbox 标准件是单独生成的新文件。这种方式也可以通过在 Toolbox 浏览器中右击标准件图标，然后选择【生成零件】命令来实现。勾选该选项后，【在此文件夹生成零件】选项被激活，用户可以指定生成零件保存的位置。如果用户没有指定位置，则 SolidWorks 默认把生成的零件保存到【…\SolidWorks Data\CopiedParts】文件夹中。
- 在 Ctrl－拖动时生成零件：这个选项允许用户在向装配体添加 Toolbox 标准件的过程中对上述两种方式做出选择。如果直接从 Toolbox 浏览器拖放标准件到装配体中，采用【生成配置】方式；如果按住【Ctrl】键从 Toolbox 浏览器拖放标准件到装配体中，采用【生成零件】方式。

2. Toolbox 标准件的只读选项

Toolbox 标准件是基于现有标准生成的，因此，为了避免用户修改 Toolbox 零件，通常应该将 Toolbox 标准件设置为只读。

但是如果零件为只读的话，就无法保存可能生成的配置，并且不能使用【生成配置】选项。为了解决这个问题，可以使用【写入到只读文档】选项区中的【写入前始终更改文档的只读状态】选项。SolidWorks 临时将 Toolbox 零件的权限改为写入权，从而写入新的配置。零件保存后，Toolbox 标准件又将返回到只读状态。

该选项只用于 Toolbox 标准件，对其他文件没有影响。

上机操作——应用 Toolbox 标准件

练习文件路径：\上机操作\结果文件\Ch05\应用 Toolbox 标准件. sldprt

演示视频路径：\视频\Ch05\应用 Toolbox 标准件. avi

本例通过在【台虎钳】装配体中添加螺母标准件，来说明使用 Toolbox 的不同选项所得到的不同结果。本例中，Toolbox 安装在【D：\ Program Files \ SolidWorks Corp \ SolidWorks Data】目录中。

下面的步骤采用基于主零件建立配置的方式向装配体中添加零件，所添加的零件只是在主零件中建立的配置。

01 打开本例的【台虎钳.SLDASM】装配体文件，如图 5-24 所示。

02 台虎钳装配体如图 5-25 所示。

图 5-24　打开装配体文件　　图 5-25　台虎钳装配体模型

03 在功能区的【评估】选项卡中，单击【测量】按钮，打开【测量】对话框。选择装配体中的螺杆组件进行测量，如图 5-26 所示。

图 5-26　测量螺杆

04 得到螺杆半径为 5，可以确定螺母标准件的直径应是 M10。

05 在【设计库】面板中展开 Toolbox 库，找到 GB 六角螺母，如图 5-27 所示。

06 在 GB 六角螺母列表中选择【1 型六角螺母 细牙 GB/T6171 – 2000】螺母标准件，如图 5-28 所示。



图 5-27　找到 GB 六角螺母库

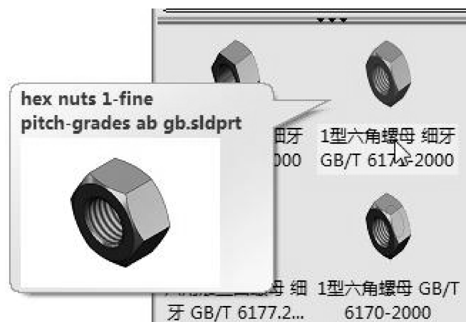


图 5-28　选择螺母类型

07 将选中的螺母拖移到图形区中空白区域，然后选择螺母参数，如图 5-29 所示。

技巧点拨	如果要添加多个同类型的螺母标准件，可以单击【OK】按钮，完成多个螺母的添加，如图 5-30 所示。当然也可以在随后打开的【配置零部件】属性面板中设置螺母参数，如果不需要添加多个螺母，按下【Esc】键结束即可。

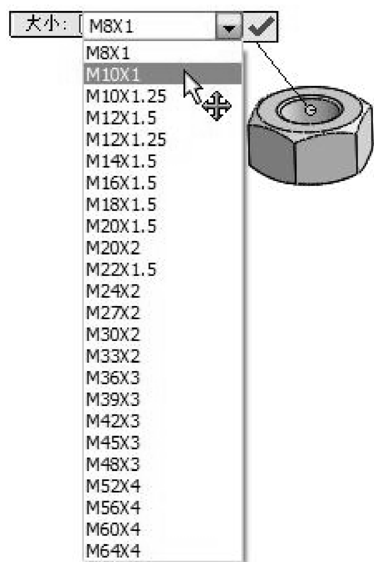


图 5-29　选择螺母参数

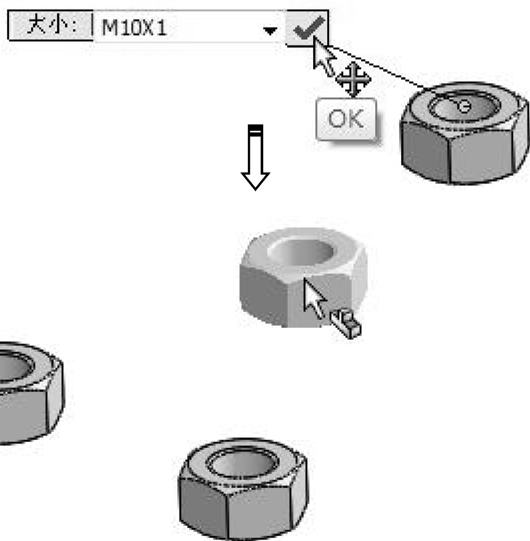


图 5-30　添加多个螺母

08 接下来需要将螺母标准件装配到螺杆上。单击【装配】选项卡中的【配合】按钮 ，打开【配合】对话框。

09　选择螺母的螺纹孔面与螺杆的螺纹面进行同心约束，如图 5-31 所示。

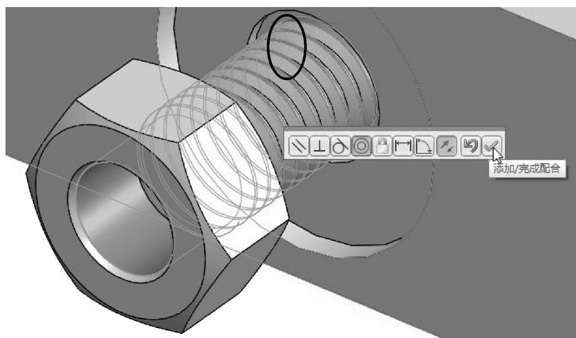


图 5-31　同心约束

10　选择螺母端面与台虎钳沉孔端面进行重合约束，如图 5-32 所示。

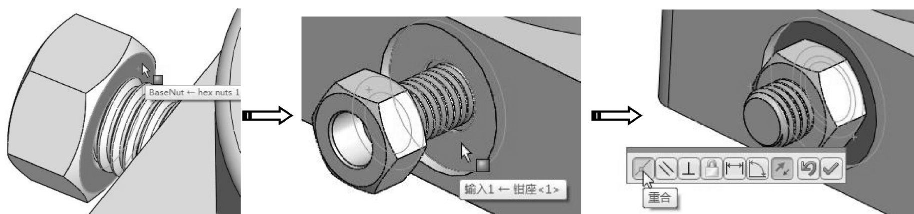


图 5-32　重合约束

11　单击属性面板中的【确定】按钮，完成装配。最后将结果保存。



5.1.3　DimXpert（尺寸专家）的应用

DimXpert（尺寸专家）主要根据 ASME Y14.41－2003 和 ISO 16792 两项 GD&T（全球尺寸与公差规定）标准在 SolidWorks 中自动生成尺寸标注和形位公差，避免了设计人员由于设计经验不足及 GD&T 知识的欠缺而导致产品质量下降及成本增高。

SolidWorks DimXpert 可以直接在 3D 图形中按照标准生成标注，还可以帮助用户查找图形是否缺少尺寸，并在工程图中直接根据标注生成图样，出图时尺寸完全不用再标注。

在尺寸公差设计过程中，一部分设计人员可以通过装配关系查找手册，确定基本偏差及公差，另一部分设计人员则按照公差的标准进行标注，这两种方式已经在企业中存在了很多年，并且一直沿用至今。而形状位置公差却是设计人员的一道门槛，大部分都是根据经验标注，有时甚至没有标注，如图 5-33 所示。

DimXpert 可以根据规范或提供详细的在线资源，以帮助设计人员自动、准确地标注形状位置公差，如图 5-34 所示。

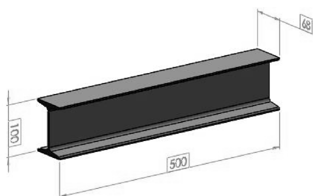


图 5-33　原有标注

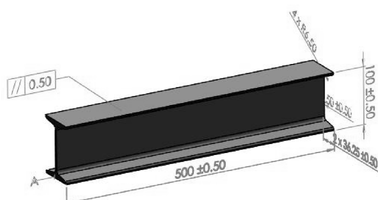


图 5-34　自动、准确地标注

SolidWorks DimXpert 尺寸专家的标注工具位于【DimXpert】选项卡中，如图 5-35 所示。



图 5-35 【DimXpert】选项卡

上机操作——手动和自动标注装配体中的组件

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch05 \ 手动和自动标注装配体中的组件. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch05 \ 手动和自动标注装配体中的组件. avi

01 打开本例源文件【\ advdimxpert \ Drum_ Pedal. sldasm】装配体模型，如图 5-36 所示。

02 选择如图 5-37 所示的零组件（锤头），并在自动弹出的选项卡中单击【在当前位置打开零件】按钮，进入锤头零件的建模环境。

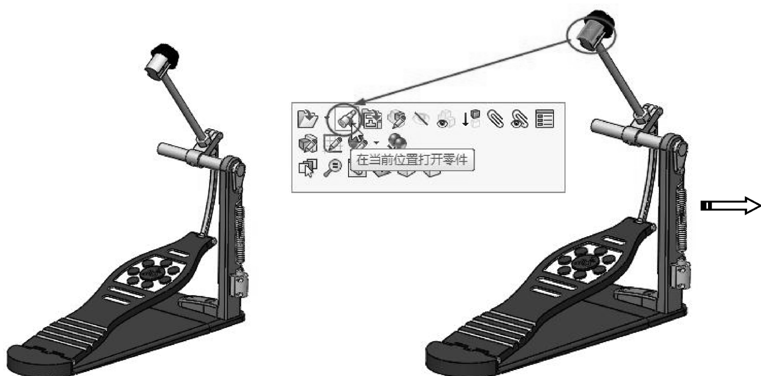


图 5-36 装配体模型　　图 5-37 在当前位置打开零件

03 在【DimXpert】选项卡中单击【大小尺寸】按钮，选择孔进行标注，随后弹出识别特征的特征选择器，单击特征选择器，单击【生成复合孔】按钮，接着选择另一侧的孔面，如图 5-38 所示。

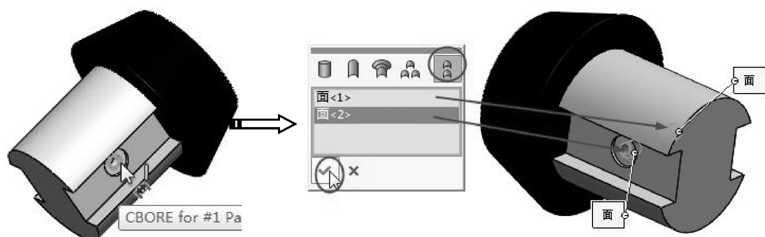


图 5-38 选择孔添加大小尺寸

04 单击【确定】按钮，在空白区域放置尺寸，完成大小尺寸的标注，如图 5-39 所示。

05 在【DimXpert】选项卡中单击【位置尺寸】按钮，选择零件的一个端面，如图 5-40所示。

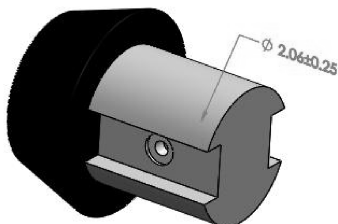


图 5-39　标注的大小尺寸

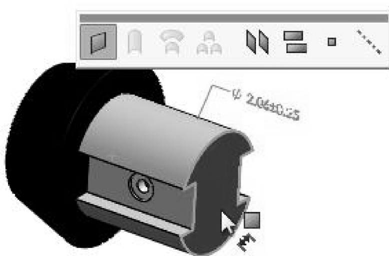


图 5-40　选择一个端面

06 再选择相对的另一端面，并将位置尺寸放置在下方，如图 5-41 所示。保留默认设置，关闭【DimXpert】属性面板。

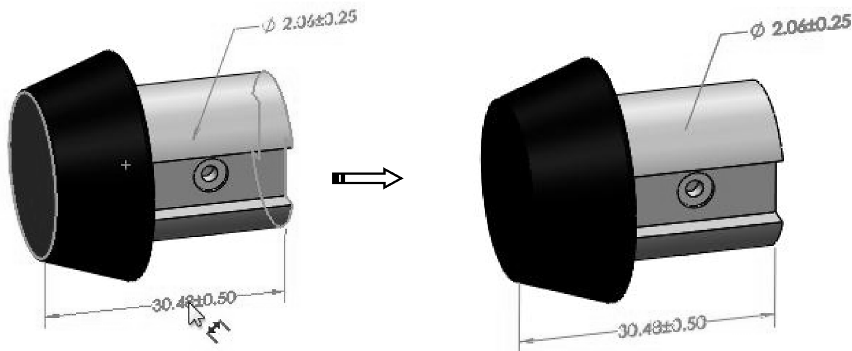


图 5-41　选择另一端面并放置尺寸

07 同理，再添加一个位置尺寸，如图 5-42 所示。

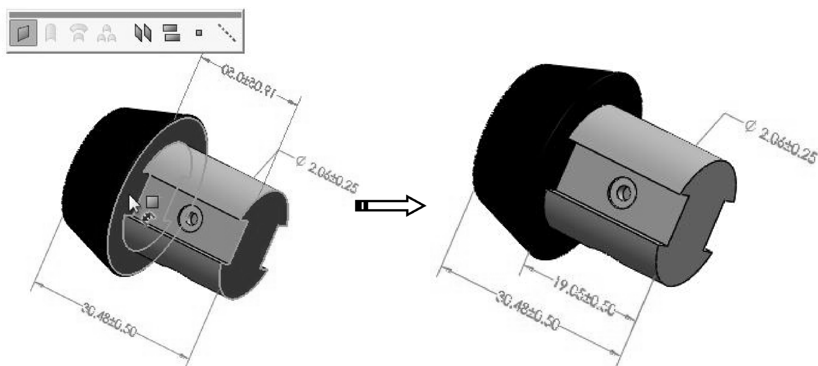
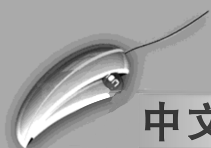


图 5-42　添加位置尺寸

08 继续添加端面至复合孔的位置尺寸，如图 5-43 所示。

09 在零件的锥面添加大小尺寸（选择锥面即可），如图 5-44 所示。

10 添加位置尺寸到凹槽，如图 5-45 所示。



11 在菜单栏中选择【窗口】|【1 drum_ Pedal. sldasm】命令，进入到装配模式。选择弹簧系统的圆柱体零件，将其在当前位置打开，如图 5-46 所示。

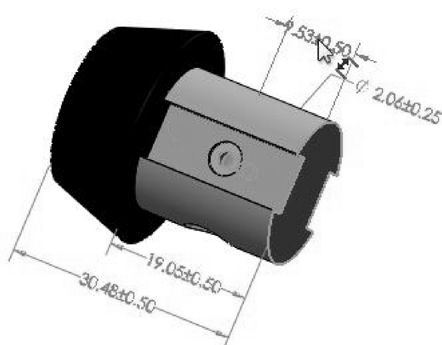


图 5-43　标注复合孔的位置尺寸

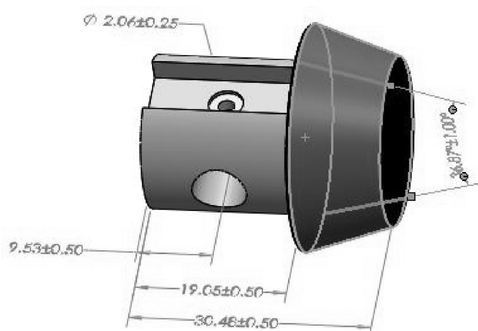


图 5-44　标注锥面的大小尺寸

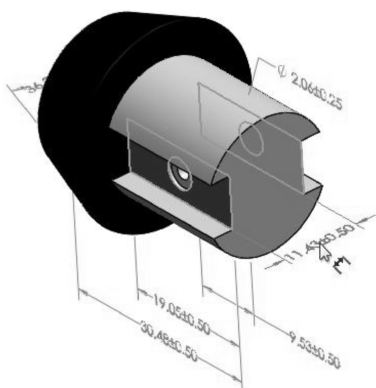


图 5-45　添加位置尺寸到凹槽

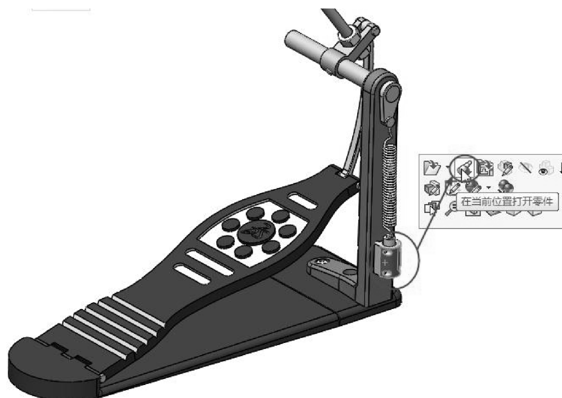


图 5-46　打开圆柱零件

12 单击【自动尺寸方案】按钮，设置【自动尺寸方案】属性面板中的参数，并选择主要基准，如图 5-47 所示。

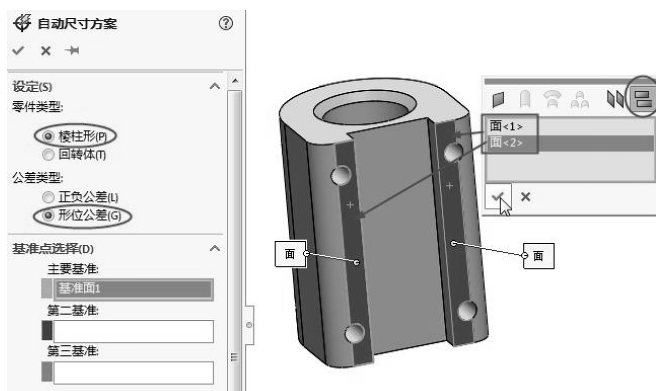


图 5-47　选择主要基准面

13　接着选择第二基准（选中孔后单击右键确认），如图 5-48 所示。选择第三基准（选择最大圆柱孔面），如图 5-49 所示。

14　在【自动尺寸方案】属性面板的【范围】选项区中选择【所选特征】单选按钮，然后选择如图 5-50 所示的以下面。

图 5-48　选择第二基准　　图 5-49　选择第三基准

- 背面的较大部分圆柱（圆柱）。
- 较大圆柱旁的两个面（基准面、基准面）。
- 顶面和底面（基准面、基准面）。
- 右上角的小孔（孔阵列）。
- 内部右侧面（凹口）。

范围(C)

所有特征(A)

所选特征(E)

凹口1
圆柱1
基准面5
圆角1
基准面6
圆角2
基准面7
基准面8

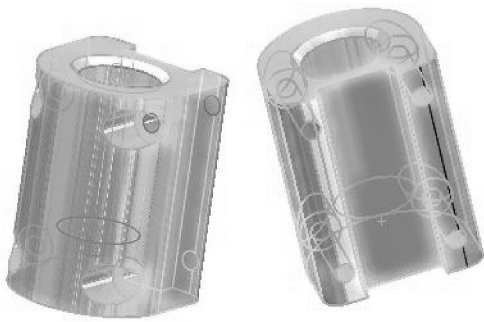


图 5-50　选择范围

15　单击属性面板中【确定】按钮，完成自动标注，结果如图 5-51 所示。

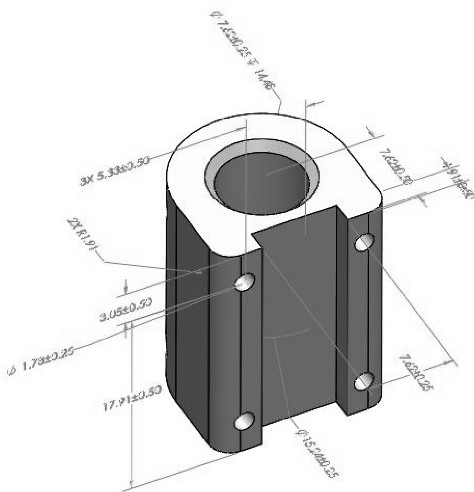


图 5-51　自动尺寸标注结果



5.1.4 TolAnalyst（公差分析）插件的应用

在 SolidWorks 中，DimXpert 和 TolAnalyst 正好构成一个公差设计系统，而尺寸专家的标准直接关联到公差分析中，因此能够更直观、更方便地帮助企业设计更好的产品。

由于标准规范与企业标准的不兼容性，企业往往会在尺寸标注过程中，使用试验中所获得的精度或配合方式，但是这样无法对批量生产的产品性能进行控制。

TolAnalyst 主要作用之一就是解决公差设计的问题，TolAnalyst 可以帮助设计人员完成以下工作。

- 尺寸公差链的推导：依据蓝图上的规格，表示出各零件的加工顺序以及相互间的依存关系，即可找出相关的线性公差累积，以方便公差设计。
- 几何公差模式：指工件上某一部位的几何公差或所在位置的允许变化量。若工件的几何公差超出设定范围，可能会造成功能缺失或无法装配。
- 统计与几率公差模式：统计公差是设计者所给的尺寸误差范围，同时考虑上限与下限区间范围内其尺寸误差值的发生几率，在大量生产时更能发挥其效益。但是，统计公差分析数学运算较繁琐，对于复杂产品的累积公差分析较困难。
- 以分析和合成为基础的公差模式：公差设计基本程序包含了公差分析与公差合成。公差分析的主要目的是确定每一组件的公差与尺寸，以确保组合后的公差与尺寸的可行性。而公差合成是将组合后的公差在特定要求（如成本最低或产品对环境改变最小等）下，选定或分配到各组件中，以达到公差设计的目的。
- 成本－公差演算模式：利用数学规划的方法来配置各零件的公差，以求得最低的制造成本。



上机操作——TolAnalyst 等距公差与最小间隙分析



练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch05 \ TolAnalyst 等距公差与最小间隙分析. sldprt

演示视频路径：\ 视频 \ Ch05 \ TolAnalyst 等距公差与最小间隙分析. avi

01 首先启用插件。

- 展开快速访问选项卡【选项】下拉菜单，选择【插件】命令，打开【插件】对话框。然后在【插件】对话框中勾选【TolAnalyst】插件，单击【确定】按钮，完成插件的启用，如图 5-52 所示。



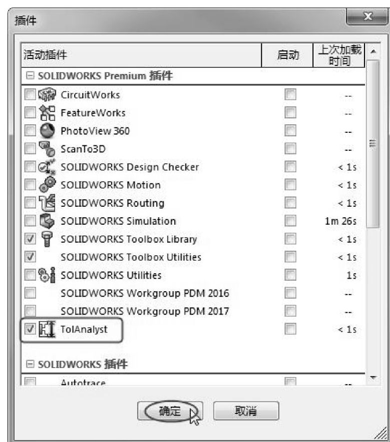


图 5-52 启用 TolAnalyst 插件

● 在【SOLIDWORKS 插件】选项卡中单击【TolAnalyst】按钮，激活 TolAnalyst 插件应用。此时，在图形区左侧的管理器中列出【DimXpert Manager】管理器，此管理器中列出【TolAnalyst 算例】工具，如图 5-53 所示。

02 审核 DimXpert 尺寸。

● 打开本例素材源文件【offset \ caster. sldasm】装配体文件，如图 5-54 所示。

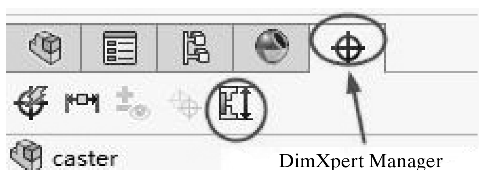


图 5-53 【DimXpert Manager】管理器

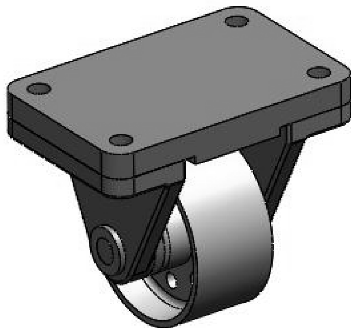


图 5-54 装配体模型

● 选择滚轮装配体中的一块底座板，在当前位置打开，进入该座板零件的建模环境，如图 5-55 所示。

● 在【DimXpert Manager】管理器中单击【显示公差状态】按钮，显示该零件的尺寸公差，如图 5-56 所示。

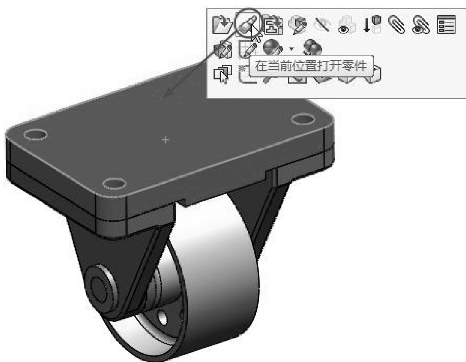


图 5-55 打开座板零件

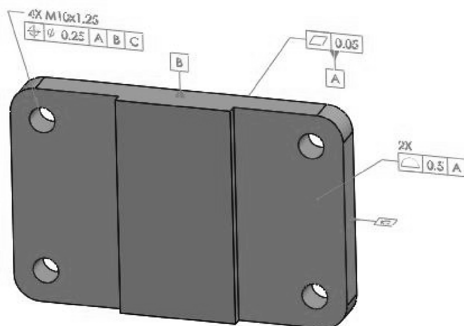


图 5-56 显示尺寸公差

● 可以看出，零件中并没有完全标注尺寸或公差。TolAnalyst 不要求完全约束每个零件以便估算算例，但 TolAnalyst 在估算算例的公差链不完整或断开时会给予警告信息。

● 关闭零件返回到装配模式中。

● 同理，再单独打开支架零件，观察其尺寸标注情况，如图 5-57 所示。

03 定义测量。

● 在【DimXpert Manager】管理器中单击【TolAnalyst 算例】按钮，显示【测量】属性面板。

● 在图形区域中用右键单击轴的中心，选择【选择其他】命令，然后选择 Axle_ support <1 > 上镗孔的面，如图 5-58、图 5-59 所示。

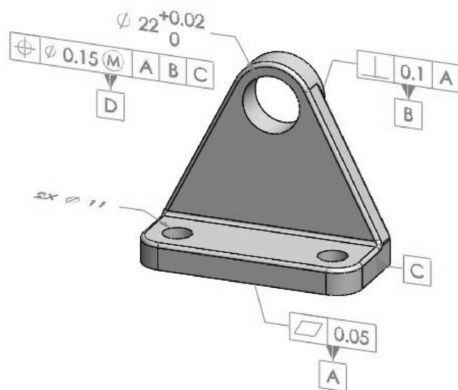


图 5-57　观察支架零件标注情况

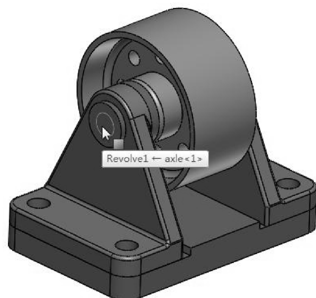


图 5-58　右键选择轴

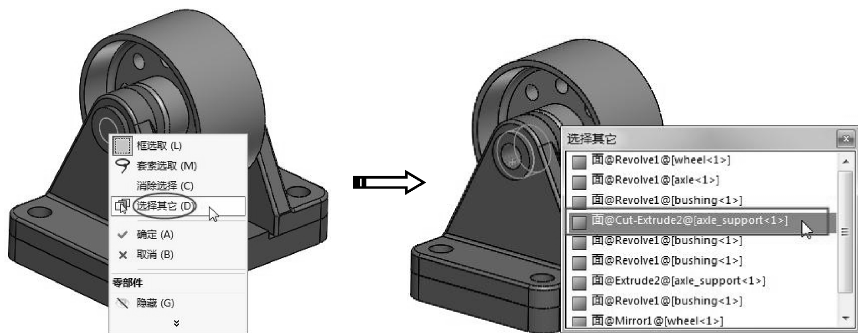


图 5-59　选择测量起点

● 在属性面板中激活【测量到】收集框，然后按上步骤方法在对称的另一边选择【测量到】的面（Axle_ support <2 > 上镗孔的面），如图 5-60 所示。

● 在图形区域中单击以放置尺寸（在两个镗孔之间沿 Z 轴应用长度为零的尺寸），如图 5-61 所示。

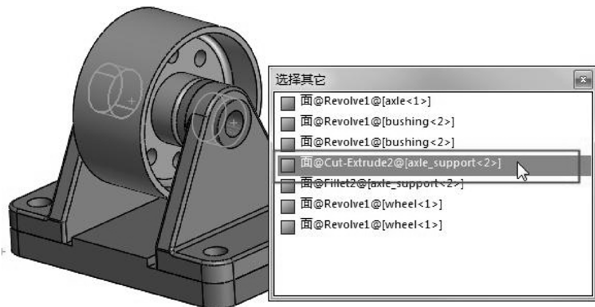


图 5-60　选择【测量到】的面

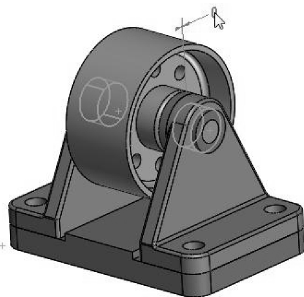


图 5-61　放置测量尺寸

● 在【测量方向】选项区中单击 Y 按钮，改变测量方向，如图 5-62 所示。

04　定义装配顺序。

● 在随后显示的【装配体顺序】属性面板中单击【下一步】按钮，然后选择底座板作为公差装配体，如图 5-63 所示。

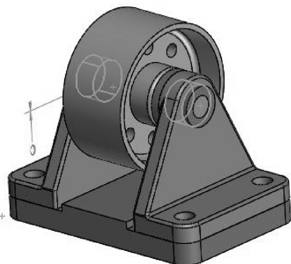


图 5-62　改变测量方向

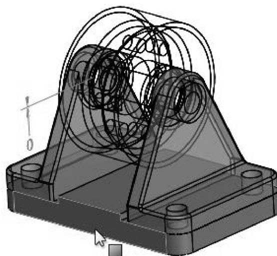


图 5-63　选择公差装配体

技巧点拨	Top_ plate－1@Caster（底座板）作为基体零件出现在公差装配体之下，并作为第一个零部件出现在零部件顺序之下。基体的相邻零件变成透明并出现在 PropertyManager 装配管理器中的相邻内容之下。所有其他零件以线架图形式显示。

● 在【装配体顺序】属性面板的【相邻内容】中选择【axle_ support －1】进行添加，如图 5-64 所示。再选择【axle_ support －2】进行添加，添加完成后，单击【下一步】按钮，如图 5-65 所示。



图 5-64　添加第一个零部件



图 5-65　添加第二个零部件

05　定义装配约束。

● 进入【装配体约束】步骤。随后图形区显示约束标注，每个标注代表可在轴支撑和顶盘上在 DimXpert 特征之间应用的约束。

● 在【零部件】表中选择 axle_ support－2 零部件，图形区即显示该零件的全部约束（P1、P2）。单击 P1 约束【1】，如图 5-66 所示。



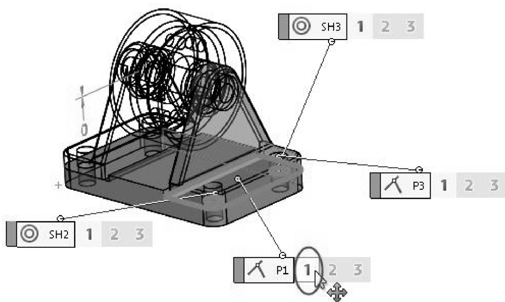
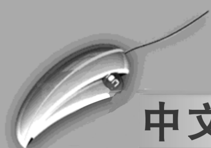


图 5-66　显示 axle_ support－2 零部件的主要约束



- 同理，选择 axle_ support－1 零部件，单击 P1 约束【1】，显示该零部件的主要约束。完成后单击【下一步】按钮，如图 5-67 所示。

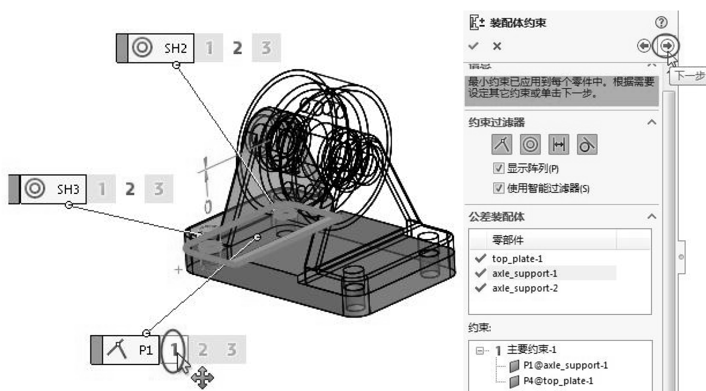


图 5-67　显示 axle_ support－1 零部件的主要约束

06　显示结果并修改促进公差。

- 随后显示 TolAnalyst 计算的最糟情形结果：图形窗格中的标注显示镗孔之间的最糟情形最大尺寸为 0. 67 mm。
- 从【分析摘要】列表中可以看到最大公差（0. 67mm）和最小公差（－0. 67mm），如图 5-68所示。

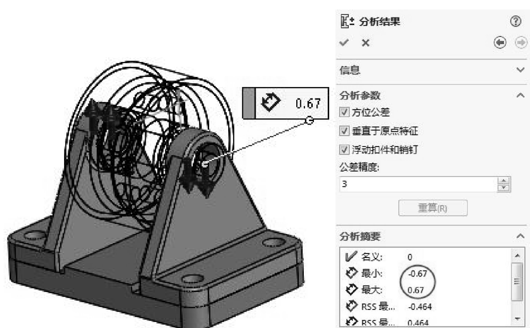


图 5-68　显示的装配零部件之间的最大公差与最小公差

- 在【促进值】列表中选择【P4@ Top_ Plate－1（37. 31%）】或者【P5@ Top_ plate－1（37. 31%）】，零部件上即显示公差值，如图 5-69 所示。

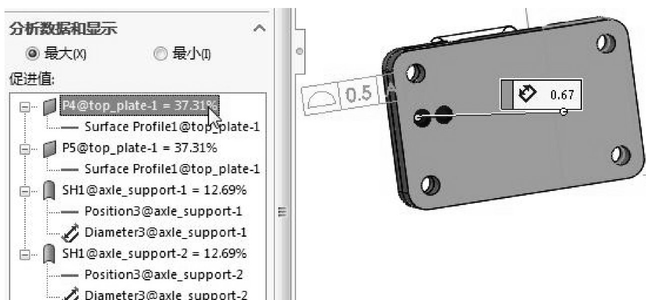


图 5-69　显示公差值

● 在 P4@Top_ plate - 1 或者 P5@Top_ plate - 1 之下双击【Surface Profile1@Top_ plate - 1】，可以修改公差值，将 0.5 修改成 0.2，如图 5-70 所示。



图 5-70　修改公差值

● 在【分析参数】选项区中单击 重算(R) 按钮，重新计算，结果如图 5-71 所示。

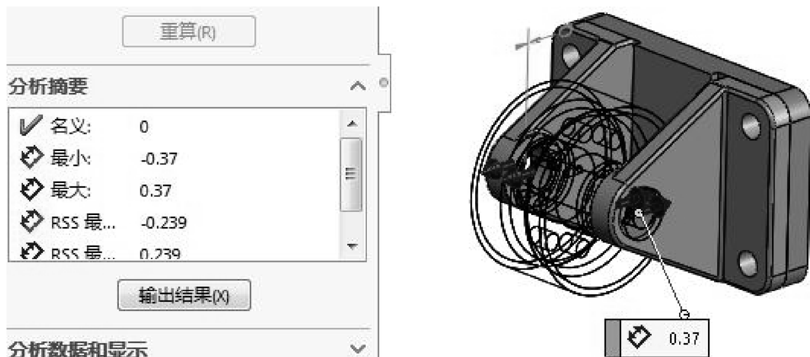


图 5-71　重新计算结果

07　关闭属性面板，保存装配体文件。

5.2　SolidWorks 外部插件应用

上节介绍的 Toolbox 插件，可以直接从库中拖放到图形区中，操作非常简便，但提供的标准类型还是不足，比如无法提供皮带轮、蜗轮蜗杆、链轮、弹簧等标准件。因此，我们还要使用 GearTrax（齿轮插件）、弹簧宏程序这样的外部插件来帮助我们完成系列传动件的设计。



5.2.1　GearTrax 齿轮插件的应用

GearTrax 2018 需要单独安装，是一个独立的插件，暂不能从 SolidWorks 2018 中启动，在设置好齿轮参数准备创建模型时，必须先启动 SolidWorks 2018 软件。

GearTrax 2018 的中文界面如图 5-72 所示。

GearTrax 2018 齿轮插件可以设计各型齿轮、带轮及蜗轮蜗杆、花键等标准件，当然也可以自定义非标准件。利用 GearTrax 设计齿轮非常简单，要设置的参数不多，有机械设计基础的读者理解这些参数的定义是没有问题的。



图 5-72　GearTrax 2018 中文界面

上机操作——设计外啮合齿轮标准件

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch05 \ 设计外啮合齿轮标准件. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch05 \ 设计外啮合齿轮标准件. avi

01 启动 SolidWorks 2018 软件。

02 启动 GearTrax 2018 插件，在【直/斜齿轮】选项卡中，选择齿轮标准为【大节距渐开线 20°】类型，选择单位为【公制】，其余参数保留默认设置，如图 5-73 所示。

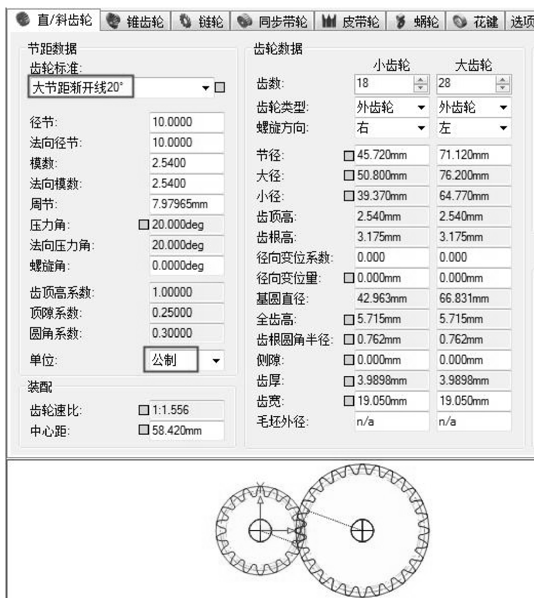


图 5-73　设置直齿轮参数

技巧点拨

如要创建内啮合齿轮，则在【齿轮数据】选项区的大齿轮【齿轮类型】列表中选择【内花键】选项即可，如图 5-74 所示。



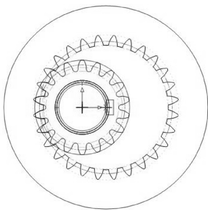


图 5-74 创建内啮合齿轮的设置

03 在 GearTrax 窗口的【杂项】选项区中单击【打开轮毂安装】按钮，弹出【轮毂安装】对话框。设置轮毂的参数，完成后单击对话框右下角的【关闭】按钮，如图 5-75 所示。



图 5-75 设置轮毂参数

04 在【CAD – SOLIDWORKS】选项区中设置两个输出选项，单击【在 CAD 中创建】按钮，如图 5-76 所示。

05 随后自动在 SolidWorks 2018 软件中依次创建外啮合齿轮组的两个零件模型和装配体，在创建装配体时会弹出信息提示，单击【取消】按钮即可，如图 5-77 所示。



图 5-76 设置输出选项



图 5-77 创建模型过程中的提示

06 在随后弹出的【新建 SOLIDWORKS 文件】对话框中，选择 GB 国标的装配体文件，创建装配体环境，如图 5-78 所示。

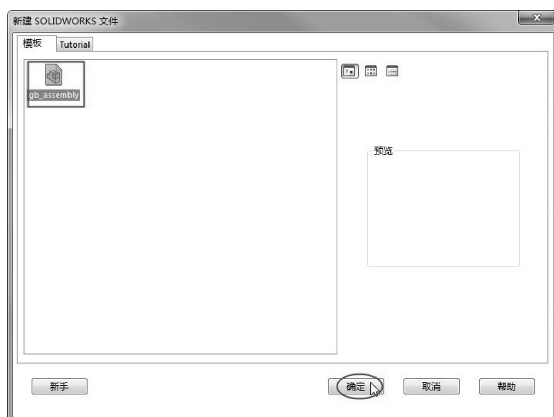


图 5-78　选择 GB 装配体文件

07 自动创建完成的外啮合齿轮组如图 5-79 所示。

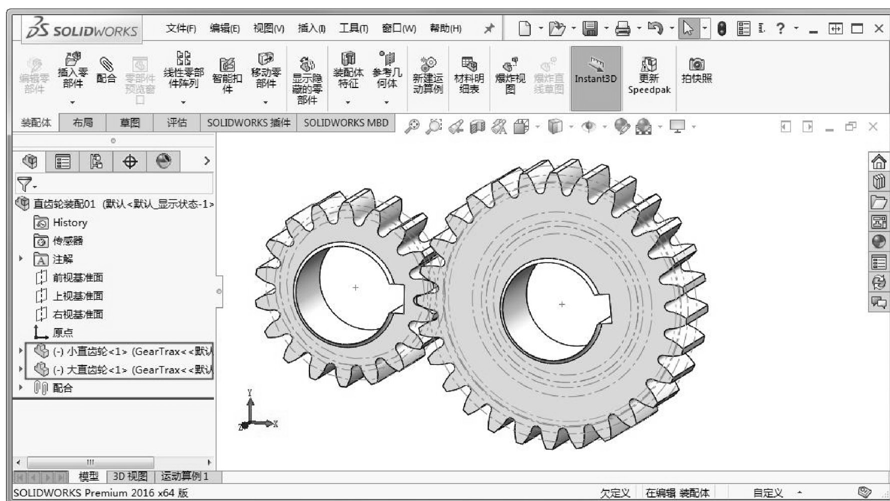


图 5-79　SolidWorks2018 中创建完成的齿轮组装配体

> **技巧点拨**　在 GearTrax 设置的轮毂零件并没有出现，说明创建过程中出现了问题，这是由于 GearTrax 是中文版插件，在语言设置上与 SolidWorks 有部分冲突，直接导致装配体出现问题，此时需要我们处理一下。

08 在菜单栏中选择【窗口】|【小直齿轮.SLDPRT】命令，打开小直齿轮的模型环境。在特征管理器设计树中展开小齿轮组件下的特征，删除【孔旋转切除】特征即可，如图 5-80 所示。完成后保存零件模型文件。

09 同理，对大直齿轮也进行相同的修改操作，并保存模型。重新返回到直齿轮装配环境中，可以看到外啮合齿轮组符合设计要求，如图 5-81 所示。



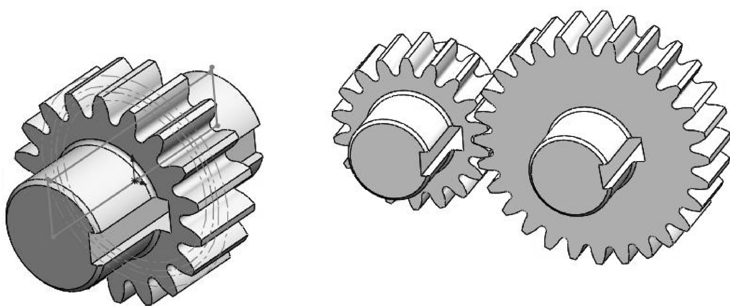


图 5-80　修改小直齿轮　　　　图 5-81　外啮合齿轮组

上机操作——设计链轮和带轮

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch05 \ 链轮和带轮. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch05 \ 设计链轮和带轮. avi

链传动由主动链轮 1、从动链轮 2 和中间挠性件（链条）3 组成，如图 5-82 所示。通过链条的链节与链轮上的轮齿相啮合传递运动和动力。带传动是机械传动系统中用以传递运动和动力的常用传动装置之一。带传动是由带和带轮组成的绕性传动。按其工作原理，分为摩擦型带传动和啮合型带传动，如图 5-83 所示。摩擦型带传动靠带与带轮接触面上的摩擦力来传递运动和动力。啮合型带传动靠带齿与带轮齿之间的啮合实现传动。

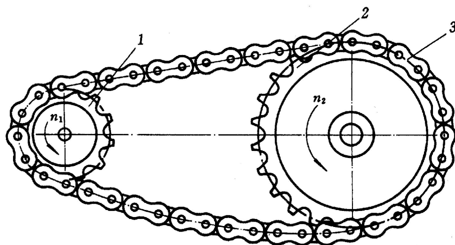


图 5-82　链传动的组成

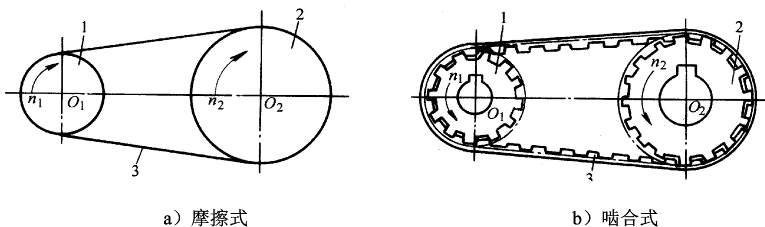


图 5-83　带传动的组成

在 GearTrax 插件中设计带轮与设计链轮方法类似，摩擦式带轮在 GearTrax 中称为【皮带轮】，而啮合式带轮则称为【同步带轮】。

01 在 GearTrax 插件中设计链轮比较简单，主要是选择链条规格和齿轮齿数，如图 5-84所示。

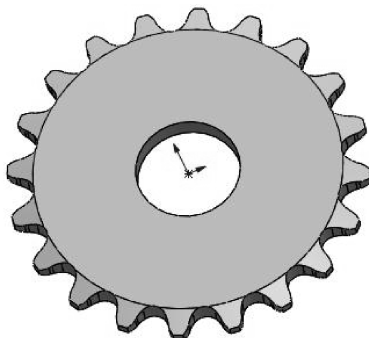



图 5-84 创建链轮模型

02 GearTrax 的【同步带轮】选项卡中设置参数，如图 5-85 所示。

03 在【皮带轮】选项卡中设置参数，如图 5-86 所示。

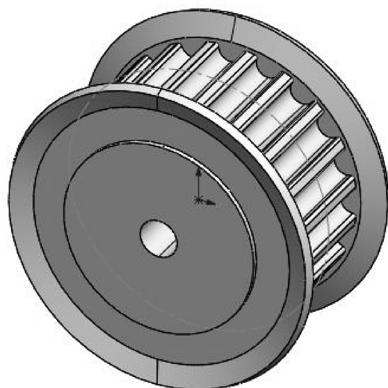



图 5-85 【同步带轮】选项设置及创建的同步带轮

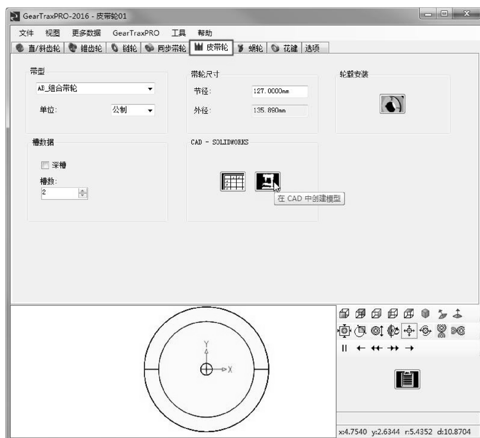
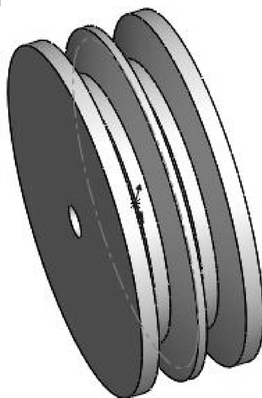



图 5-86 【皮带轮】选项设置及创建的皮带轮



5.2.2 SolidWorks 弹簧宏程序

宏程序是运用 Visual Basic for Applications（VBA）编写的程序，也是在 SolidwWorks 中录制、执行或编辑宏的引擎。录制的宏以 . swp 项目文件的形式保存。

即将介绍的 SolidWorks 弹簧宏程序就是通过 VBA 编写的弹簧标准件设计的程序代码。下面介绍操作步骤。



上机操作——利用 SolidWorks 弹簧宏程序设计弹簧



练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch05 \ 弹簧. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch05 \ 利用 SolidWorks 弹簧宏程序设计弹簧. avi

01 新建 SolidWorks 文件。

02 在前视基准面上绘制草图，如图 5-87 所示。

03 在菜单栏中执行【工具】|【宏】|【运行】命令，然后打开本例源文件【SolidWorks 弹簧宏程序 . swp】，如图 5-88 所示。

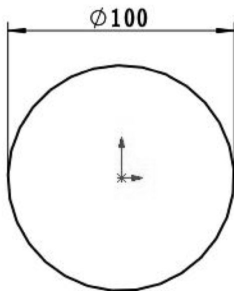


图 5-87 绘制草图

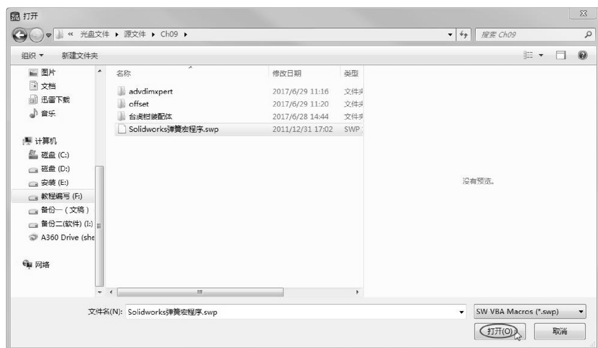


图 5-88 打开宏程序

04 随后弹出【弹簧参数】属性面板，如图 5-89 所示，可以创建四种弹簧类型。

05 选择草图，随后可以看见弹簧预览，默认为【压力弹簧】，如图 5-90 所示。



图 5-89 【弹簧参数】属性面板



图 5-90 压力弹簧的预览

06 选择【拉力弹簧】类型，可以保留弹簧参数，直接单击【确定】按钮✓，完成创建，也可以修改弹簧参数，如图 5-91 所示。

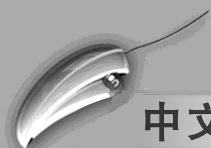




图 5-91 创建拉力弹簧

5.3 标准件建模训练——Toolbox 凸轮设计

本节以制作一个凸轮标准件为例，介绍使用 Toolbox 插件设计匀速运动凸轮的方法。

01 新建 SolidWorks 零件文件。

02 在【SOLIDWORKS 插件】选项卡中单击【凸台】按钮，打开【凸轮】对话框。

03 首先设置第一个选项卡中参数，如图 5-92 所示。

04 接着设置第二个选项卡中参数。单击【添加】按钮，弹出【运动生成细节】对话框。选择运动类型为【匀速位移】，设置【结束半径】为 65、【度运动】为 110，如图 5-93 所示。



图 5-92 设置第一个选项卡中参数

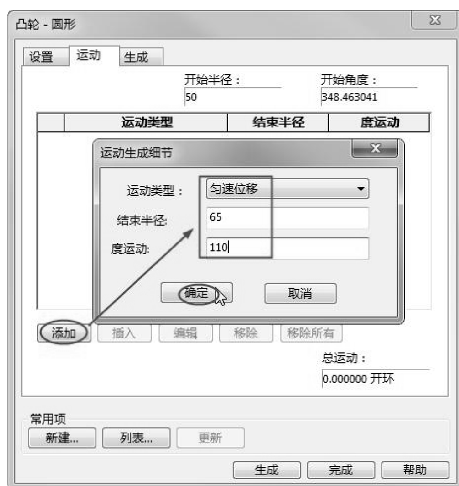


图 5-93 添加运动

05 同理，继续添加其余 3 个运动，如图 5-94 所示。

06 在【生成】选项卡中设置属性和数值，完成后单击【生成】按钮，如图 5-95 所示。



图 5-94 设置运动细节



图 5-95 设置属性和数值

07 自动创建的凸轮零件如图 5-96 所示。

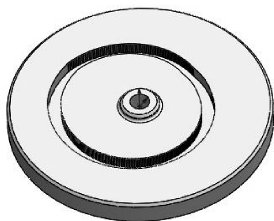


图 5-96 自动生成的凸轮

5.4 技术解惑

SolidWorks 文件的结构将随着 SolidWorks 软件的升级而改变。因此，在新版本 SolidWorks 软件中建立的文件无法在旧版本软件中打开。而在旧版本的 SolidWorks 中建立的文件在新版本中打开时，文件格式将在保存文件后被修改和更新。

文件转换过程意味着打开旧版本文件时需要更长的时间。当用户打开单个文件时可能意识不到这一点，但如果打开一个大型装配体文件，SolidWorks 将花费很长的时间来打开并转换每一个参考文件。为了缩短文件载入的时间，用户在升级 SolidWorks 软件时批量对文件进行转换和更新是非常有必要的。

1. 利用 SolidWorks Task Scheduler 转换

SolidWorks 2018 的数据转换可以在 Windows 环境中进行。

文件转换任务为用户提供了一个简单实用的文件转换工具，利用它可以很方便地将大量的 SolidWorks 文件转换为当前版本的格式。

与以前所有版本不同，在 SolidWorks 2018 中，文件转换不再由文件转换向导执行，而是通过 SolidWorks Task Scheduler 中的转换文件任务来完成。

SolidWorks 2018 软件安装成功后，在 Windows 系统界面的开始菜单中将添加 SolidWorks

Task Scheduler 的快捷方式，如图 5-97 所示。

2. 在 SolidWorks 2018 软件窗口中转换

如果是旧版本文件，可直接通过 SolidWorks 软件窗口打开，然后立即进行保存或另存为 SolidWorks 2018 的新版本文件。

打开旧版本文件后，会显示【旧版本文件】，如图 5-98 所示。单击此【保存】按钮，按钮即变为。

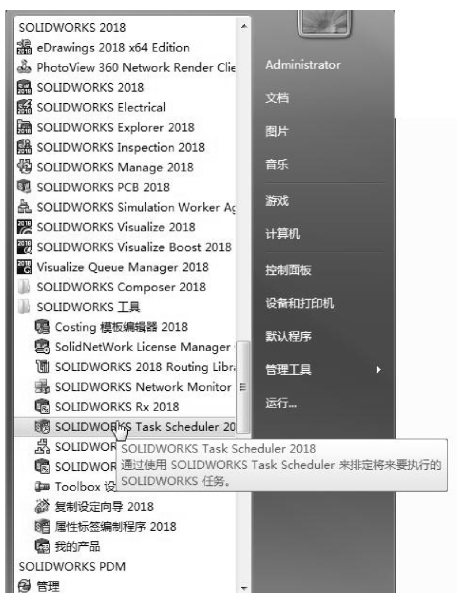


图 5-97 【SolidWorks Task Scheduler】快捷方式



图 5-98 打开旧版本文件

3. 通过 SolidWorks Task Scheduler 输入、输出文件

在【SolidWorks Task Scheduler】窗口中，单击【输入文件】命令，打开【输入文件】对话框，如图 5-99 所示。

单击【添加文件】按钮，将其他软件格式的文件添加进来，这里以添加 IGES 格式文件为例，如图 5-100 所示。



图 5-99 【输入文件】对话框

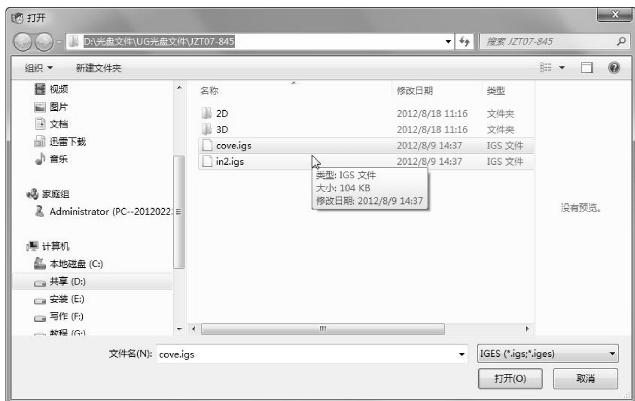


图 5-100 打开 IGES 文件

技巧点拨	通过 SolidWorks Task Scheduler 输入、输出文件，仅针对 IGES/IGS、STP/STEP、DXF/DWG 等 3 种格式。

单击【完成】按钮，即可将 IGES 格式文件转换成 SolidWorks 的默认格式文件 sldprt，如图 5-101 所示。



图 5-101 输入 IGES 转换成 sldprt 文件

如果要输出文件，则单击【输出文件】命令，打开【输出文件】对话框，如图 5-102 所示。对话框的【输出文件类型】下拉列表中列出了可以输出的文件格式。



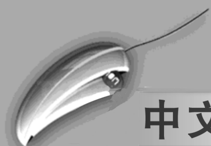
图 5-102 【输出文件】对话框

技巧点拨	SolidWorks Task Scheduler 仅仅提供将 SolidWorks 的工程图格式文件输出为其他格式文件的功能。

4. 通过 SolidWorks 2018 窗口输入、输出文件

很多情况下，我们会选择通过 SolidWorks 2018 窗口进行输入、输出文件，这是因为 SolidWorks 2018 窗口中提供了几十种文件格式。

在 SolidWorks 2018 窗口顶部的快速访问工具栏中单击【打开】按钮，弹出【打开】对话框。对话框右下方的【所有文件】列表中列出了所有可以输出或输入的文件格式，如图 5-103 所示。



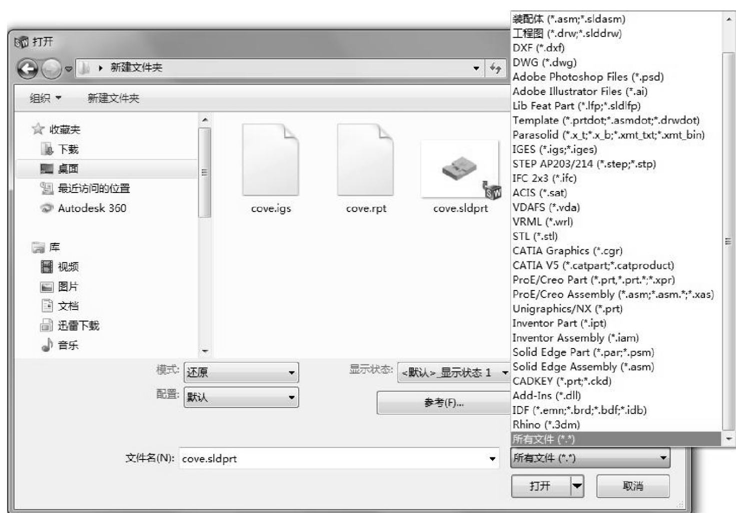


图 5-103 【打开】对话框

技巧点拨	为了便于快速找到想要输入的文件，建议以【所有文件】的方式进行查询。

若要输出文件，则在菜单栏中执行【文件】|【另存为】命令，打开【另存为】对话框。对话框的【保存类型】列表中列出了除 SolidWorks 文件外的其他所有可以输出的文件格式，如图 5-104 所示。

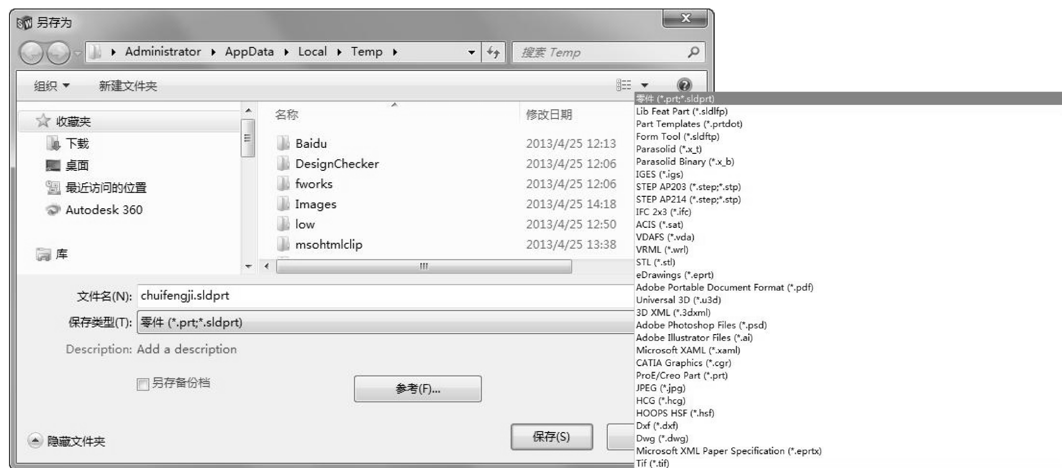


图 5-104 可输出的文件格式

技巧点拨	输入文件的格式类型与输出文件的格式类型不一定相同，例如，可以输入犀牛 Rhino 软件格式的文件，但不能输出为 Rhino 格式文件。

第 6 章

钣金结构件设计



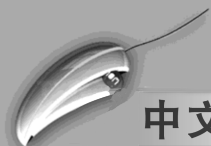
本章导读

SolidWorks 具有强大的钣金设计功能，其操作性强、工具简化等特点给用户带来设计上的便捷。本章将详细介绍 SolidWorks 钣金设计相关功能命令及其应用设计。

案例展现

ANLIZHANXIAN

案　例　图	描　　述
	固定支架在电子产品中应用非常广泛，包括一些家电产品(如热水器中的微动开关支架)。不同的产品支架结构各不一样，但是支架的功能差不多，那就是用来实现固定、连接、支撑作用
	SolidWorks 钣金中的折弯钣金体可利用各个折弯特征在钣金法兰基体上添加折弯或对钣金法兰进行折弯来实现
	在电气箱钣金设计过程中，利用钣金中的通风孔、镜像等钣金处理命令完成电气箱的创建



6.1 钣金基本知识

要会好钣金设计，必须先掌握基本的钣金设计知识。



6.1.1 钣金术语

钣金（sheet metal）到目前还没有一个比较完整的定义，国外某专业期刊上将其定义为：钣金是针对金属薄板（通常在6mm以下）一种综合冷加工工艺，包括剪、冲/切/复合、折、焊接、铆接、拼接、成型等，其最显著的特征是零件壁厚均匀。

钣金设计中相关基本术语包括规则折弯、滚动折弯、缝止裂槽、边缝、凹槽、分割边、尖角、拉伸壁、切割实体和展开等。

- 规则折弯：在零件的平整部分上创建直的折弯特征，它只包含一个草绘图元，并且不能与其他现有折弯交叉。
- 滚动折弯：创建由草绘图元（显示折弯位置、折弯角度和折弯半径）指定的折弯特征。折弯角度为0°~180°。
- 缝止裂槽：沿壁切割或撕裂钣金件时所采用的方法，有助于在建模时将材料拉伸考虑在内，从而满足设计意图。
- 边缝：沿边切割或撕裂钣金件时所采用的方法，有助于在建模时将材料拉伸考虑在内，从而满足设计意图。
- 凹槽：钣金件曲面或边上的切口。
- 分割边：将一条边一分为二的特征。
- 尖角：钣金件的两条边相交所形成的突出部分，该部分可通过切割或冲孔除掉。
- 拉伸壁：从一条边拉伸到空间的钣金件实体结构。
- 切割实体：从钣金件壁中移除材料的实体部分。
- 展开：将成型钣金件中的折弯展平在零件主体平面内，从而为钣金下料提供指导。



6.1.2 钣金结构设计注意事项

钣金产品设计属于机械产品设计范畴，必须遵守机械设计规则，循序渐进，逐渐完成整个设计过程。

零件结构直接关系到产品的功能、可靠性、可维护性和实用美观，并影响用户的心理。产品的整机结构设计已经发展成为人机工程学、技术美学、机械学、力学、传热学、材料学、表面装饰等为基础的综合性学科。

钣金结构设计往往需要综合考虑产品应用过程中可能出现的各方面的问题，从而尽量提前考虑将来可能出现的设计缺陷。对其设计中的基本要求包括功能性、可靠性、工艺性、经济性、外观及成本等。

另外，在设计过程中还应该不断完善产品结构的受力状况，提高产品的精度和保证产品寿命，以及方便后续的产品维护，从而降低钣金件在产品的寿命范围内出现失效的可能性。

钣金结构设计中应该注意如下问题。

- 能否实现预期功能。

- 能否满足强度、刚度要求。
- 能否满足工艺性、经济性要求。
- 能否满足整机装配。
- 能否满足整机的电气、EMC（电磁兼容）、冷却、散热要求。



技术要求	钣金结构设计是机械工程师的职责之一，最基本的要求是满足产品的机械结构的相关要求。作为一名专业的结构工程师，需要和产品相关的工程师配合协作，从而完善产品功能。



6.1.3　SolidWorks 钣金设计方法

SolidWorks 钣金设计功能强大、简单易学，其操作界面与一般零件设计建模界面一样，设计者使用 SolidWorks 的钣金命令，能在较短时间内完成较为复杂的钣金零件的设计建模。本部分内容将向读者介绍 SolidWorks 软件中的钣金功能模块的特点、系统配置、基本特征，为后续部分做好铺垫，也为后续的钣金高级成型建模打下基础。

使用 SolidWorks 软件进行钣金设计方法有如下两种。

1. 将实体零件生成钣金零件

设计零件实体，然后转换为钣金零件。按照常规的建模方法创建的零件转换成钣金零件，然后将零件展开，以便能够使用钣金零件的特定特征。

通过【拉伸】【旋转】【扫描】【放样】等实体特征建模命令设计实体零件，然后通过【钣金】工具条中的【转换到钣金】命令，将实体零件换成钣金零件。转换成钣金零件后，用户往往还要根据实际需要对钣金进行修整，比如使用【闭合角】命令对钣金模型边角缝隙进行调整。

图 6-1 中，零件采用【拉伸】命令生成基体特征，通过【转换到钣金】命令将实体零件转换为钣金。

单击【转换到钣金】命令按钮，在弹出的【钣金参数】属性面板中选择实体零件的底面为【固定实体面】，输入钣金厚度值为 0.8mm，折弯钣金为 0.5mm；在折弯边线中选择该待转换实体零件中所有折弯，可以使用操控板中提供的【采集所有折弯】命令选择所有折弯，如图 6-2 所示。

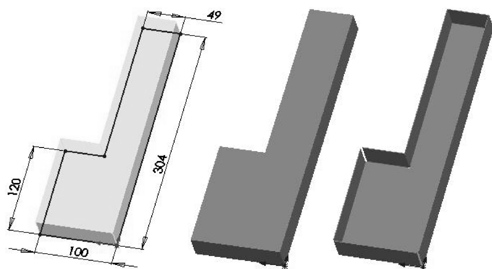


图 6-1　实体零件转换为钣金

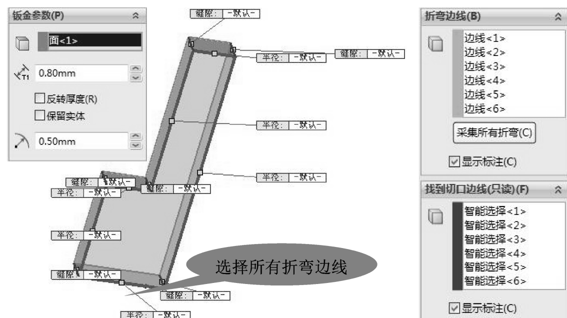


图 6-2　【钣金参数】属性面板

2. 通过钣金命令生成钣金零件

使用钣金特征创建钣金零件，直接从钣金零件开始建模，从最初的基体法兰开始，充分利用钣金设计软件的所有功能、钣金特有的工具、命令和选项。对于大多数的钣金零件，都可选择这种方法来建模。

这种方法与前面方法的区别在于：一开始建模便利用钣金的【基体法兰】命令，然后利用钣金设计的功能命令和特殊成型工具、选项，一步一步生成最终的钣金零件。



6.1.4　启用【钣金】特征选项卡

SolidWorks 2018 软件可以通过两种方法实现【钣金】特征选项卡的启用。

1. 方法一：用户自定义

在菜单栏中执行【工具】|【选项】|【自定义】命令，在弹出的【自定义】对话框中勾选【钣金】选项，单击【确定】按钮，在 SolidWorks 软件功能区即调出【钣金】工具条，如图 6-3 所示。

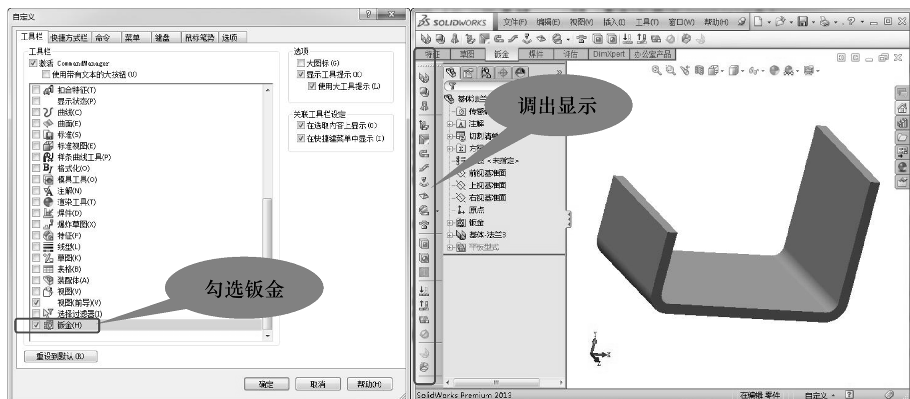


图 6-3　调出【钣金】工具条

2. 方法二：添加选项卡

在功能区选项卡中右击，在弹出的快捷菜单中勾选【钣金】选项，钣金设计的功能命令即显示在功能区中，如图 6-4 所示。

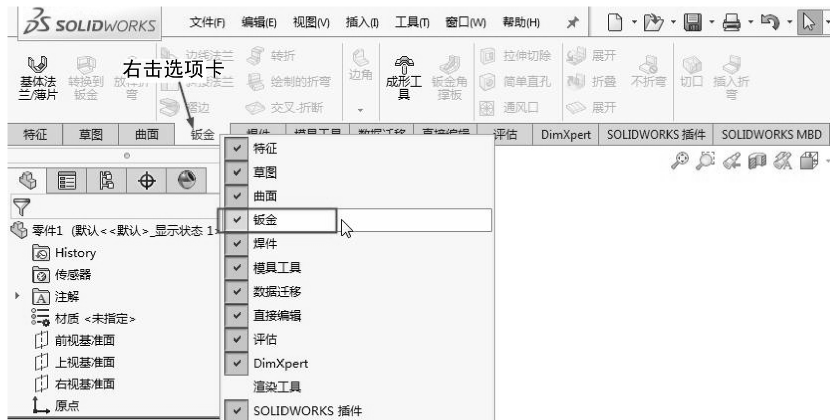


图 6-4　添加【钣金】选项卡

6.2 钣金法兰设计

SolidWorks 中包含 4 种法兰特征：基体法兰、薄片、边线法兰、斜接法兰。



6.2.1 基体法兰

基体法兰是创建一般钣金件的第一个特征，包含钣金零件厚度、折弯钣金等参数信息。

1. 开环轮廓草图创建基体法兰

单一开环草图生成的钣金相当于实体建模中的【拉伸凸台/基体】命令拉伸出薄壁零件，区别在于钣金拉伸开环草图后自动添加折弯钣金、壁厚等参数。

图 6-5 为开环轮廓草图创建基体法兰特征实例，其操作步骤如下。

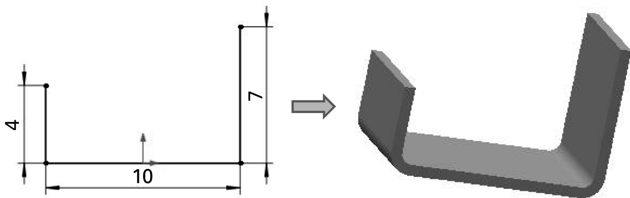


图 6-5　开环轮廓草图创建基体法兰

01　新建 SolidWorks 2018 零件文件。

02　激活【基体法兰/薄片】命令。用户可用通过以下方法启动【基体法兰/薄片】命令。

- 在【钣金】选项卡中单击【基体法兰/薄片】按钮。
- 在【钣金】工具条中单击【基体法兰/薄片】按钮。
- 执行菜单栏中【插入】|【钣金】|【基体法兰/薄片】命令。

03　绘制开环草图轮廓。单击【基体法兰/薄片】按钮后，指针变成，提示用户选择基准面或草图轮廓。生成基体法兰特征，选择前视基准面作为草图平面，绘制矩形后，删除矩形的上边线，添加下边线和坐标原点【中点】的几何关系，并标注尺寸。

04　设置基体法兰参数。输入拉伸深度为 6mm，钣金厚度为 0.5mm，折弯半径为 0.5mm，单击【确定】按钮，完成基体法兰的创建。

05　钣金的创建过程及钣金参数设置如图 6-6所示。

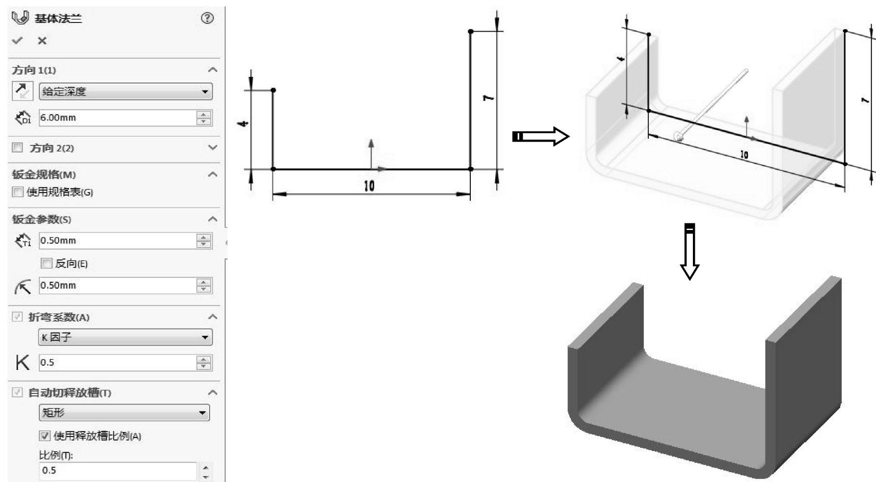


图 6-6　开环草图创建基体法兰

技巧点拨	单一开环轮廓可用于拉伸、旋转、剖面、路径、引导线以及钣金。典型的开环轮廓以直线或其他草图实体绘制。对于单一开环轮廓草图的钣金，样条曲线为无效的草图实体。

2. 单一闭环草图创建基体法兰

单一闭环轮廓可用于拉伸、旋转、剖面、路径、引导线以及钣金。典型的单一闭环轮廓是用圆、方形、闭环样条曲线以及其他封闭的几何形状绘制的。

单一闭环草图轮廓生成钣金件如图 6-7 所示。

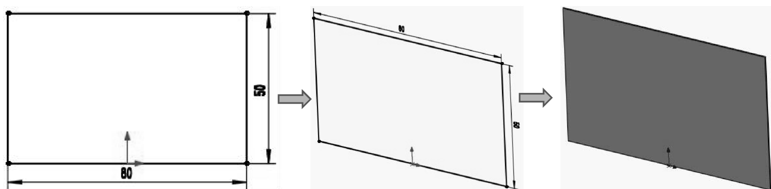


图 6-7　单个闭环草图创建基体法兰钣金

3. 多个闭环草图创建基体法兰

多重封闭轮廓可用于拉伸、旋转以及钣金。如果有一个以上的轮廓，其中一个轮廓必须包含其他轮廓。多个闭环草图创建钣金如图 6-8 所示。

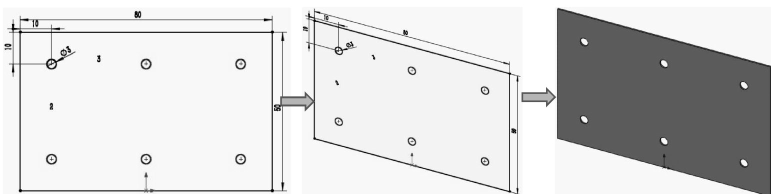


图 6-8　多个闭环草图创建钣金

【基体－法兰】特征创建成功后，会在 FeatureManager 特征管理器设计树中添加以下如图 6-9 所示三个新特征。

它们分别代表钣金的如下三个基本操作。

- 钣金特征：包含了钣金零件的定义。此特征保存了整个零件的默认折弯参数信息，如折弯半径、折弯系数、折弯扣除、自动切释放槽（预切槽）比例等。右击钣金 1，用户可以选择【编辑特征】命令，更改当前特征的参数。
- 基体－法兰特征：此钣金零件的第一个实体特征，包括深度和厚度等信息。
- 平板型式特征：在默认情况下，当零件处于绘制的折弯状态时，平板型式特征是被压缩的，将该特征解除压缩即展开钣金零件。



图 6-9　设计树中生成的 3 个特征

在特征管理器中，当平板型式特征被压缩时，添加到零件的所有新特征均自动插入到平板型式特征上方。当解除压缩平板型式特征后，新特征插入到平板型式特征下方，并且不在

折叠零件中显示。用户可将该特征解压缩，从而展开钣金零件，如图 6-10 所示。

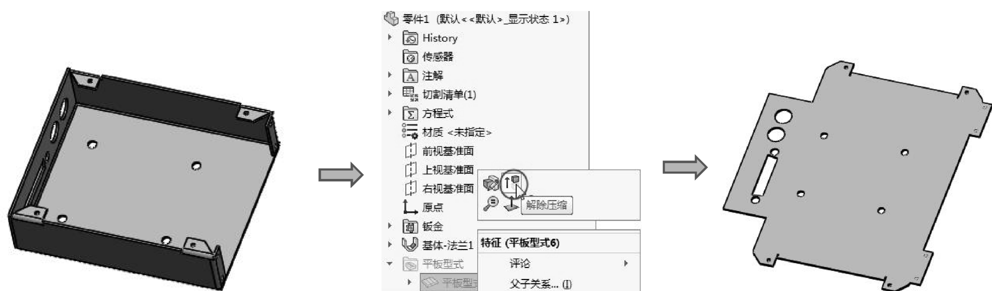


图 6-10　钣金的解压缩

技巧点拨	钣金零件的解压缩常用于观察其展开形态，以及供零件下料参考。



6.2.2　边线法兰

【边线法兰】工具可为钣金零件添加折弯特征。绘制边线法兰时，选取需要折弯的边线（一条或多条），按需设定折弯角度、折弯长度、折弯半径及释放槽类型，即可生成所需的折弯边。

1. 边线法兰添加到一条边线

启动【边线法兰】命令，在钣金零件上单击需要添加边线法兰的线，边线正确选中后，指针形状变成，在图形区域预览法兰生成的长度和方向，用户可以拖动光标实现边线法兰方向和长度的控制。同时，在属性面板中显示【边线-法兰】面板，如图 6-11 所示。

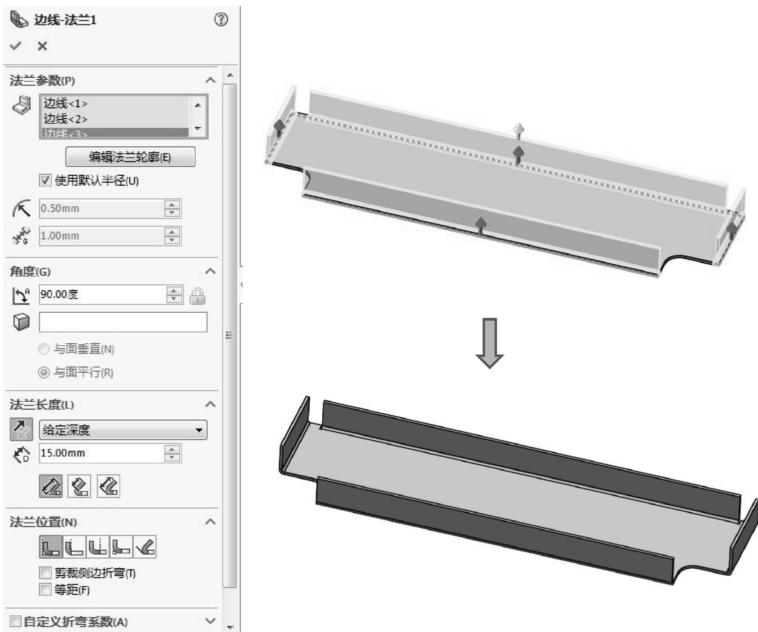


图 6-11　创建【边线-法兰】特征

2. 边线法兰中的参数详解

边线法兰的参数含义如下。

- 边线：选择和显示所选添加边线法兰特征的边线。
- 编辑法兰轮廓 编辑法兰轮廓(E) ：单击该按钮进入边线法兰草图轮廓环境，用户可对生成的边线法兰进行轮廓修改。
- 使用默认半径：勾选该复选框，边线法兰的默认折弯半径为 1mm。取消勾选，则用户要在【折弯钣金】中输入自定义的半径值或拖动微调按钮定义折弯半径。
- 缝隙距离：输入相应的值来设置缝隙距离，系统会自动生成初始值，用户可根据实际需要选择使用系统值或输入其他值。
- 法兰角度：输入角度值或拖动微调按钮设置边线法兰的角度，系统默认的初始值是 90°。
- 反向：单击此按钮可切换边线法兰的长出方向。
- 长度终止条件：设置边线法兰长出的终止方式，在下拉列表中有 3 种终止方式。
- 虚拟交点：确定法兰的起始长度，包括外部虚拟交点、内部虚拟交点和双弯曲三种方式。

技巧点拨	【内部虚拟交点】与【外部虚拟交点】的区别在于生成基体法兰后，【内部虚拟交点】比【外部虚拟交点】少一个料厚。

- 法兰位置：有 5 种不同类型确定边线法兰的位置，分别为【材料在内】、【材料在外】、【折弯在外】、【虚拟交点的折弯】、【与折弯相切】。不同类型的位置生成的法兰也不同，如图 6-12 所示。

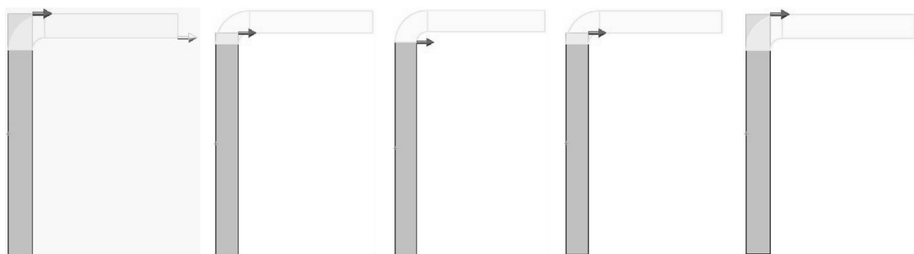


图 6-12　5 种边线法兰位置

- 剪裁侧边折弯：勾选该复选框，切除相邻折弯的多余材料，反之，不会切除相邻折弯的多余材料。
- 等距：勾选此复选框，将生成一个两边相等的边线法兰，如图 6-13所示。
- 自定义折弯系数：勾选此复选框，将显示出折弯系数类型，用户可以重置折弯系数类型，若不勾选，则默认为前边钣金特征的折弯系数类型。这里的折弯系数类型与【基体法兰】的折弯系数一样。
- 自定义释放槽类型：勾选此复选框，显示释放槽类型，并可以

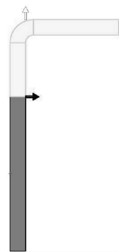


图 6-13 【等距】生成的边线法兰

重新设置。若不勾选，则默认为前边的释放槽类型。这里的释放槽类型与【基体法兰】的释放槽一样。

3. 编辑边线法兰草图轮廓

若要修改法兰轮廓，可采用如下两种方法。

（1）创建边线法兰特征时定义法兰形状

在【边线法兰】面板中，单击【编辑法兰轮廓】按钮，定义边线法兰的轮廓，其创建过程如图 6-14 所示。

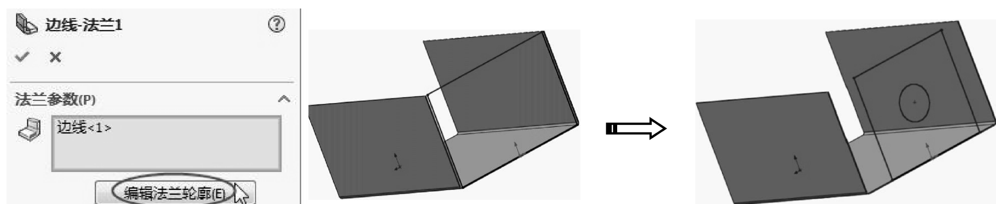


图 6-14　创建边线法兰时修改草图轮廓

（2）修改已经生成的边线法兰形状

要对已经生成的边线法兰进行草图修改，则右击待修改的法兰草图，在弹出的快捷菜单中选择【编辑草图】命令，修改边线法兰轮廓形状，如图 6-15 所示。

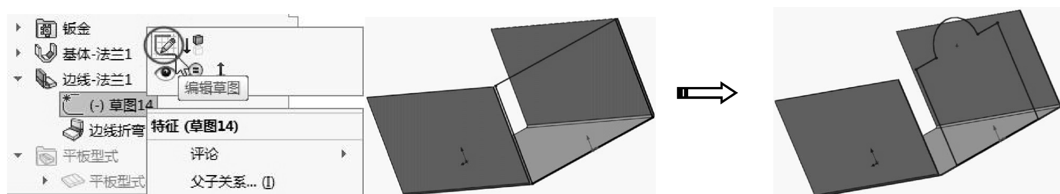


图 6-15　修改已经生成的边线法兰形状

4. 将边线法兰添加到多条边线

用户可在创建边线法兰特征时将边线法兰添加到多条边线上，也可以在已完成的边线法兰特征基础上，将其他边线添加到【法兰参数】列表中，如图 6-16 所示。

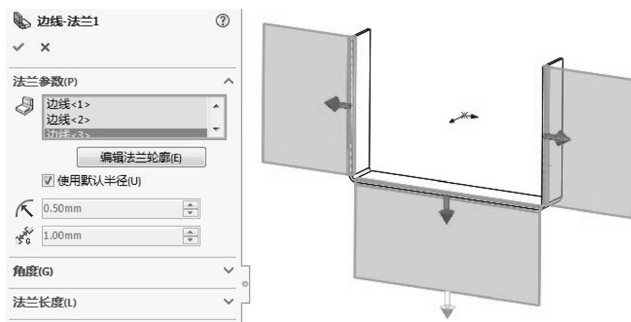


图 6-16　将边线法兰添加到多条边线

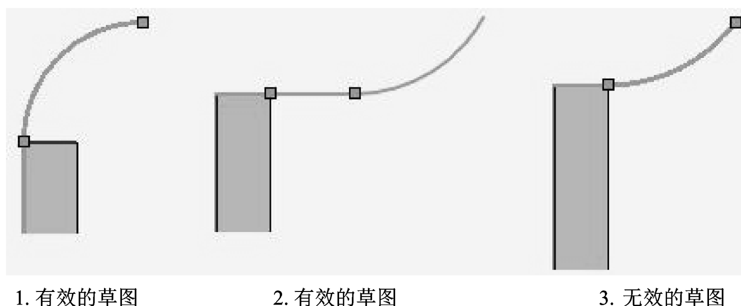


6.2.3 斜接法兰

【斜接法兰】可将一系列法兰添加到钣金零件的一条或多条边线上。生成斜接法兰，必须要先绘制法兰草图。

斜接法兰的草图必须遵循以下条件。

- 草图可包括直线或圆弧。

> **技巧点拨**
>
> 如果您使用圆弧生成斜接法兰，圆弧不能与厚度边线相切。圆弧可与长边线相切，或在圆弧和厚度边线之间放置一个小的草图直线。以圆弧为斜接法兰生成草图的实例如图 6-17 所示。
>
> 
>
> 1. 有效的草图　　2. 有效的草图　　3. 无效的草图
>
> 图 6-17　以圆弧为斜接法兰生成草图
>
> 1. 有效的草图圆弧与长边线相切。
> 2. 直线与厚度边线重合，圆弧与直线相切。
> 3. 圆弧与厚度边线相切。

- 斜接法兰轮廓可以包括一个以上的连续直线，如 L 形轮廓。
- 草图基准面必须垂直于生成斜接法兰的第一条边线。
- 用户可以在一系列相切或非相切边线上生成斜接法兰特征。可以指定法兰的等距，而不是在钣金零件的整条边线上生成斜接法兰。
- 斜接法兰特征可将一系列法兰添加到钣金零件的一条或多条边线上。斜接法兰的样式包括相切边线的斜接法兰形式，如图 6-18 所示，也包括非相切边线斜接法兰形式，如图 6-19 所示。

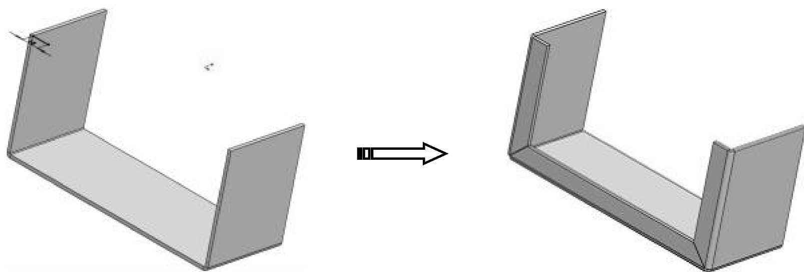


图 6-18　相切边线斜接法兰形式

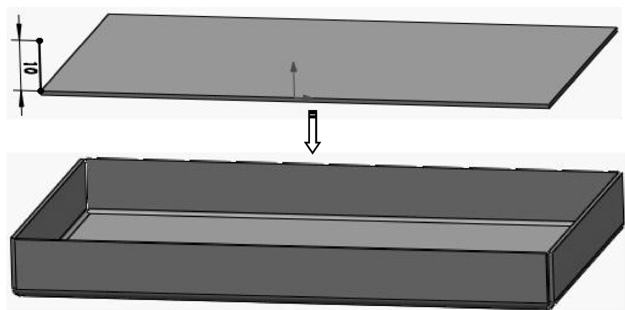


图 6-19　非相切边线斜接法兰

1. 选择基准面绘制草图

执行【斜接法兰】命令 斜接法兰，绘制截面草图，弹出如图 6-20 所示的【斜接法兰】属性面板。

2. 选定斜接－法兰特征的第一条边线

绘制草图截面曲线后，系统会自动选择与草图平面垂直的第一条边，图形区域中出现斜接法兰的预览，如图 6-21 所示。



图 6-20　【斜接法兰】属性面板

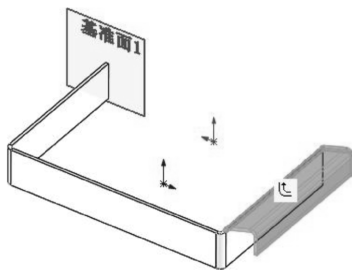


图 6-21　选择第一条边线

可在钣金上选择所有斜接的边线，如图 6-22 所示。

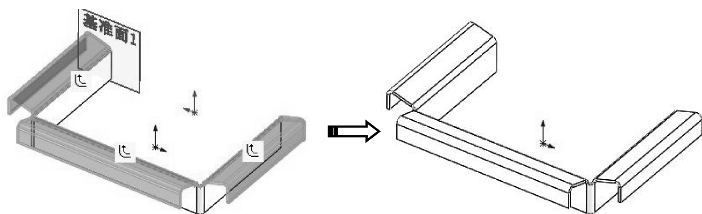


图 6-22　选择所有边线完成斜接法兰创建

技巧点拨	若要选择与所选边线相切的所有边线，则单击所选边线中点处出现的延伸。在图形区域选择要斜接的边线，也会出现预览。

激活斜接法兰命令后，可执行以下操作。

01 若要使用不同的折弯半径（非默认值），则取消勾选【使用默认半径】复选框，然后根据需要设置折弯半径。

02 将法兰位置设置为【材料在内】、【材料在外】或【折弯向外】。参阅【折弯位置】有关选项的说明。

03 若要移除邻近折弯的多余材料，则选择【剪裁侧边折弯】复选框。

04 若要使用默认间隙以外的间隙，则将间隙距离设置为所需的距离。

05 如有必要，在【起始/结束处等距】选项区中为部分斜接法兰指定等距距离，设置【开始等距距离】值和【结束等距距离】值。如果想使斜接法兰跨越模型的整个边线，则将开始和结束等距距离设置为0。

06 选择释放槽类型为矩形、撕裂形或矩圆形。

07 如果选择了矩形或矩圆形释放槽类型，则要设定释放槽比例。

08 单击【确定】按钮。



6.2.4 建模训练——固定支架的设计

固定支架在电子产品中应用非常广泛，包括一些家电产品（如热水器中的微动开关支架）。不同的产品支架结构不同，但是支架的功能差不多，即实现固定、连接、支撑作用。下面将讲解一款电源产品中支架的设计，其建模主要步骤见表6－1。

表6-1 电源支架的创建过程

1	创建基体法兰特征		3	创建边线法兰	
2	拉伸切除安装孔		4	拉伸切除固定孔	

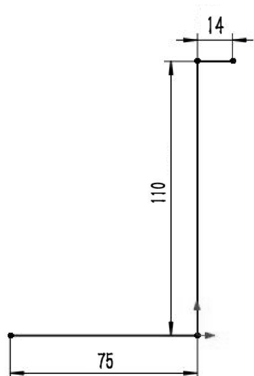
下面介绍电源支架钣金零件建模具体操作步骤。

01 启动SolidWorks软件，并新建一个零件文件。

02 选择前视基准面作为草图平面，绘制如图6-23所示的草图。

03 单击【钣金】选项卡中的【基体法兰】按钮，在弹出【基体法兰】属性面板中输入钣金厚度为1.2mm，折弯半径为0.2mm，拉伸深度为318mm，创建基体法兰，如图6-24所示。

04 单击【钣金】选项卡中的【拉伸切除】按钮拉伸切除，选择零件的底面作为草图平面，绘制如图6-25所示的草图。





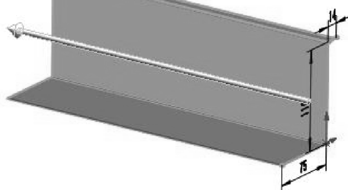


图 6-23　绘制草图　　　　图 6-24　创建基体法兰

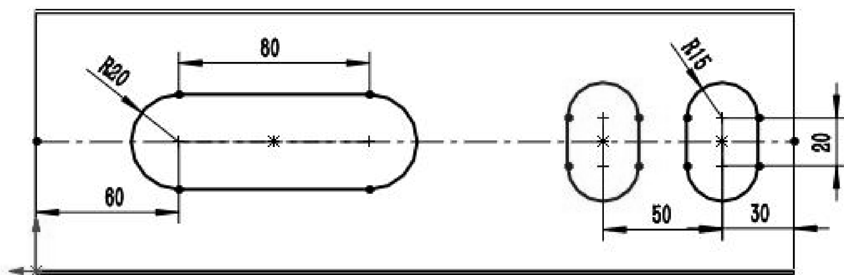


图 6-25　绘制草图

05　单击【确定】按钮后，在弹出的【拉伸切除】属性面板中勾选【与厚度相等】复选框，创建支架安装孔的切除，如图 6-26 所示。



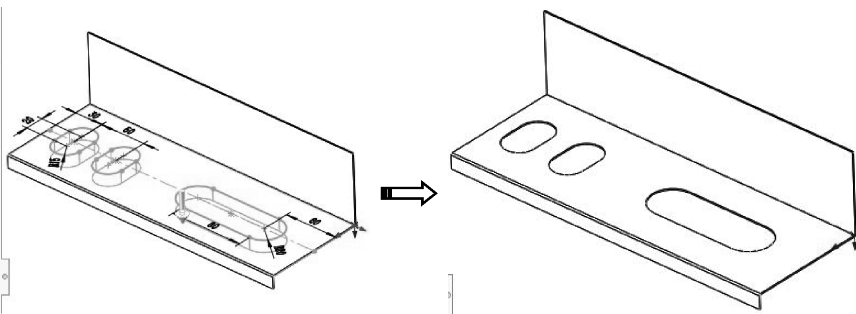


图 6-26　创建拉伸切除

06　创建侧翼。单击【钣金】选项卡中的【边线法兰】按钮 边线法兰，弹出【边线 – 法兰】属性面板。选择要创建边线法兰的钣金边线，法兰长度设为【给定深度】，输入值 35，单击【确定】按钮，创建出如图 6-27 所示的边线法兰。

07　单击【钣金】选项卡中的【拉伸切除】按钮 拉伸切除，选择零件的顶面作为草图平面，绘制如图 6-28 所示的草图。

08　单击【确定】按钮后，在弹出的【拉伸切除】属性面板中勾选【与厚度相等】复选框，创建支架固定孔的切除，如图 6-29 所示。

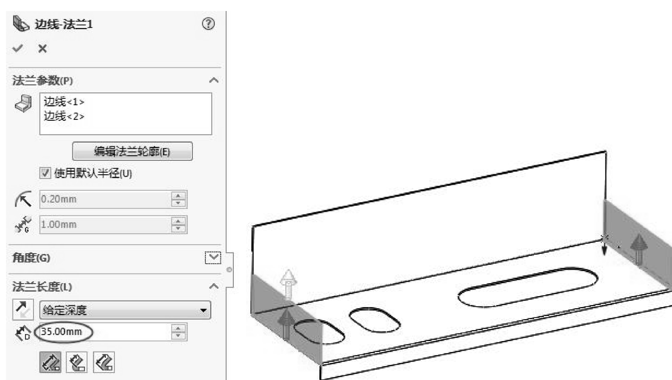


图 6-27　创建边线法兰

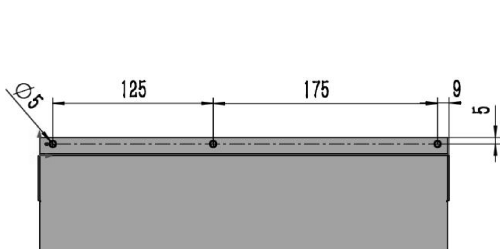


图 6-28　绘制支架固定孔草图

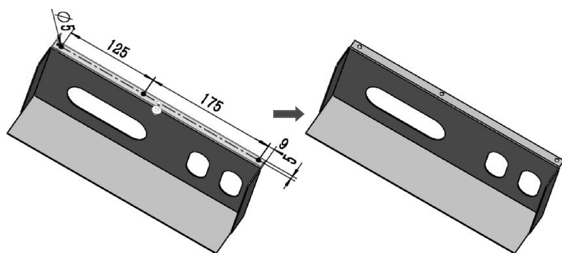


图 6-29　切除支架固定孔

09　至此，固定支架创建完成。保存文件，并退出文件窗口。

6.3　折弯钣金体设计

SolidWorks 钣金中的折弯钣金体是利用各个折弯特征在钣金法兰基体上添加折弯或对钣金法兰进行折弯来实现的。SolidWorks 钣金模块中有 6 种不同的折弯特征工具命令，分别为【绘制的折弯】【褶边】【转折】【展开】【折叠】和【放样折弯】。



6.3.1　绘制的折弯

选择【绘制的折弯】命令 绘制的折弯 后，在钣金零件上选择需要生成绘制的折弯的面，在所选的面上绘制折弯直线，退出草图环境后，信息管理器中将显示【绘制的折弯】面板，如图 6-30 所示。

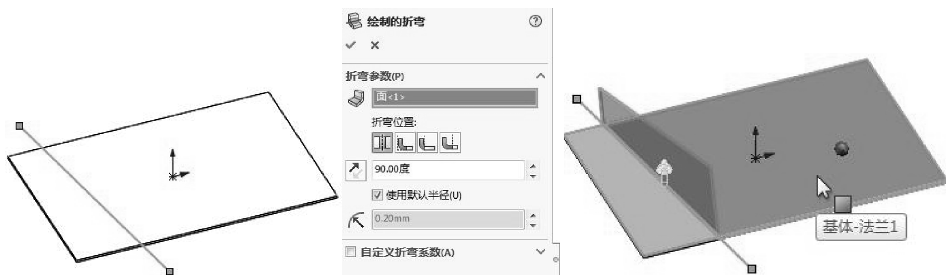


图 6-30　【绘制的折弯】面板

选择钣金零件的面，绘制折弯线，操作步骤如下。

01 在图形区域中为固定面选择一个不因特征而移动的面。

02 在钣金零件的平面上绘制一条直线段。此外，可在生成草图前（在选择基准面后）选择绘制的折弯特征。选择绘制的折弯特征时，在基准面上将会打开一幅草图。

03 设置折弯位置为【折弯中心线】【材料在内】【材料在外】或【折弯向外】。



04 设定折弯角度，如有必要，单击【反向】按钮。

05 如不使用默认折弯半径，则取消勾选【使用默认半径】复选框，然后将折弯半径设定为所需的值。

使用【绘制的折弯】工具，可以将钣金零件直接进行折弯。在生成绘制的折弯特征时，首先在需要创建绘制的折弯特征的面上绘制一个草图来定义折弯。可使用绘制的折弯特征在钣金零件中处于折弯状态时将折弯线添加到零件，这可将折弯线的尺寸标注到其外部折叠的几何体。



6.3.2 褶边

钣金里的褶边，又叫环边，俗称打死边。褶边主要应用在2mm以下板厚较薄的零件，设计意图有以下两个。

- 加强钣金零件边的强度。
- 褶边后钣金零件的边很光滑，无毛刺，因此不必进行打磨处理。

有时，也可以通过在褶边上开孔，使其兼做沉头螺钉的沉头孔。

在命令管理器的【钣金】选项卡中单击【褶边】按钮。在钣金零件上选择需要添加褶边的边线，图形区显示褶边特征的方向和长度，同时弹出【褶边】属性面板。

单击属性面板中的【边线】收集器，然后单击钣金零件棱边，可选择多个边，如图6-31所示。

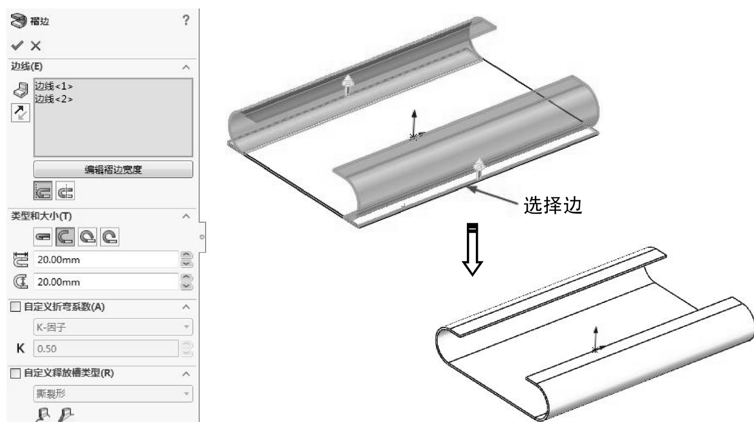


图6-31 创建褶边特征

在斜接缝隙下，如果有交叉褶边，应设定切口缝隙。斜接边角被自动添加到交叉褶边上，用户可设定这些褶边之间的缝隙。

如不使用默认折弯系数，则勾选【自定义折弯系数】复选框，然后设定折弯系数类型

和数值。褶边相关参数详解如下。

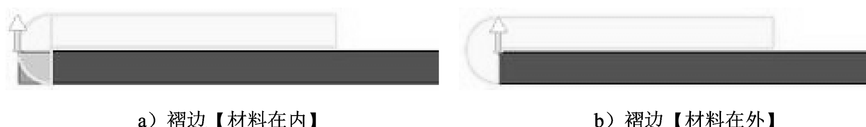
- 边线：在此栏中显示所选择的需要生成褶边特征的边线。
- 反向：单击此按钮，可以更改褶边的生成方向，如图 6-32 所示。



a）默认褶边长出方向　　b）更改褶边长出方向

图 6-32　褶边长出方向

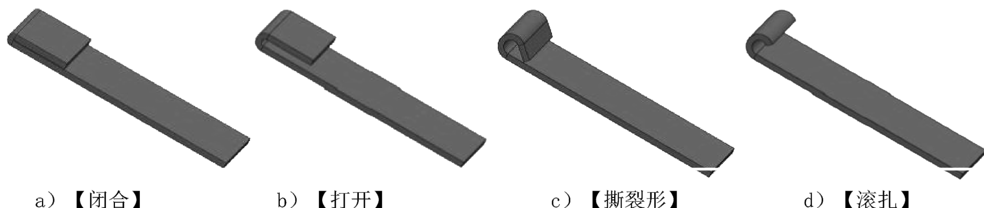
- 编辑褶边宽度：单击此按钮，可以更改褶边在钣金零件上面的宽度。
- 褶边位置：确定褶边生成的起始位置，有两个不同的位置供选择：【材料在内】和【材料在外】。选择不同褶边位置的类型，生成的褶边特征也不一样，如图 6-33 所示。



a）褶边【材料在内】　　b）褶边【材料在外】

图 6-33　【材料在内】与【材料在外】

- 褶边的类型：确定生成褶边的形状，有 4 种不同类型的褶边形状可供选择，如图 6-34所示，分别为【闭合】、【打开】、【撕裂形】和【滚扎】。



a）【闭合】　b）【打开】　c）【撕裂形】　d）【滚扎】

图 6-34　4 种褶边类型

技巧点拨	每种类型的褶边都有与其相对应的尺寸设置参数。长度参数只适用于【闭合】和【打开】褶边，缝隙距离参数只适用于【打开】褶边，角度参数只适用于【撕裂形】和【滚边】褶边，半径参数只适用于【撕裂形】和【滚边】褶边。

- 自定义折弯系数：勾选此复选框，显示折弯系数类型，可用重新设定折弯系数类型，取消勾选，则默认为之前的折弯系数。此处的折弯系数类型与【基体法兰】中的折弯系数类型相同。
- 自定义释放槽类型：勾选此复选框，显示释放槽类型，可重新设定释放槽类型。若取消勾选该复选框，则默认为之前的释放槽类型。



6.3.3　转折

【转折】通过从草图线生成两个折弯将材料添加到钣金零件上。草图必须只包含一条直

线，直线可以不是水平或垂直直线，折弯线长度也不一定要与用户正折弯面的长度相等。

创建钣金件【转折】特征的步骤如下。

01 在钣金零件的平面上绘制一条直线段。此外，还可在生成草图前（选择基准面后）选择绘制的折弯特征，选择绘制的折弯特征时，草图在基准面上打开。

02 单击【钣金】选项卡中的【转折】按钮，显示如图6-35所示的【转折】属性面板。

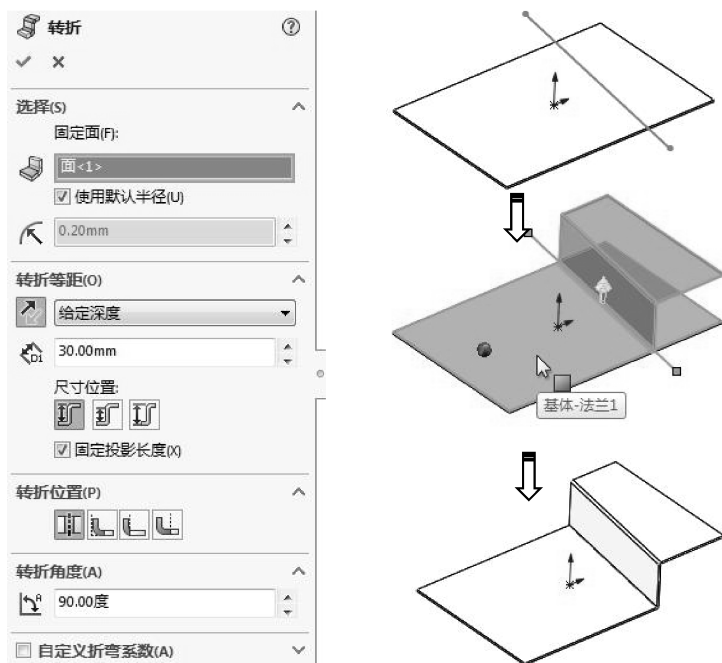


图6-35 【转折】属性面板



6.3.4 展开和折叠

使用【展开】和【折叠】工具可在钣金零件中将一个、多个或所有折弯展开或折叠。如果要在具有折弯的零件上添加特征，如实际加工工艺中的钻孔、挖槽或折弯的释放槽等，必须使用【展开】或【折叠】工具将零件展开或折叠。

1. 展开

使用【展开】特征可在钣金零件中展开一个、多个或所有折弯。

对钣金件展开的操作步骤如下。

01 在钣金零件中，单击【钣金】选项卡中的【展开】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【展开】命令，弹出如图6-36所示的【展开】属性面板。

02 选择特征面作为固定面，选择一个或多个折弯作为要展开的折弯，也可以单击【收集所有折弯】按钮，

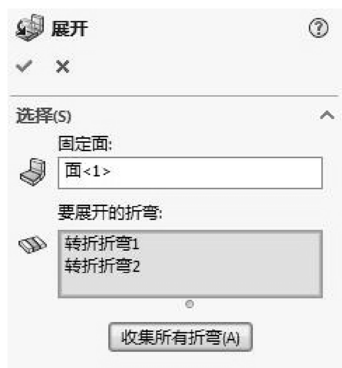


图6-36 【展开】属性面板

选择零件中所有合适的折弯。

03 单击【确定】按钮✔，完成所选折弯的展开，如图6-37所示。

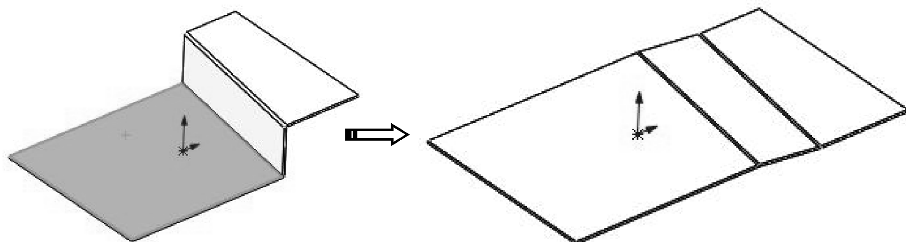


图6-37 展开折弯

2. 折叠

使用【折叠】特征可在钣金零件中折叠一个、多个或所有折弯。此工具在沿折弯上添加切除时很有用。具体操作步骤如下。

01 在钣金零件中，单击【钣金】选项卡中的【折叠】按钮 折叠，或执行菜单栏中【插入】|【折叠】命令，弹出如图6-38所示的【折叠】属性面板。

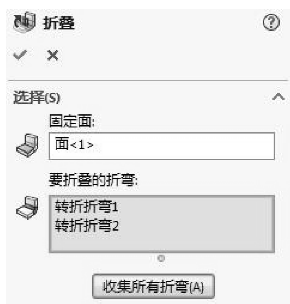


图6-38 【折叠】属性面板

02 选择特征面作为固定面，选择一个或多个折弯作为要折叠的折弯，也可以单击【收集所有折弯】按钮，选择零件中所有合适的折弯。

03 单击【确定】按钮✔，完成所选折弯的折叠，如图6-39所示。

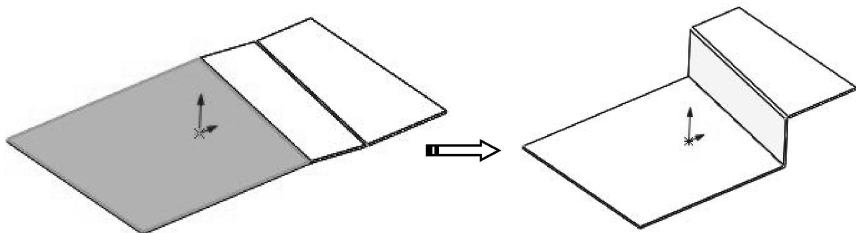


图6-39 折叠折弯

技巧点拨	折叠和压缩的区别：折叠可以将钣金件中某个或者被展开的几个折弯折叠，而压缩则只能针对所有被展开的折弯全部进行折叠。



6.3.5 放样折弯

使用【放样折弯】命令可以在钣金设计中生成放样折弯。【钣金】命令的【放样】与【特征】中的【放样】特征非常相似，不同之处在于钣金放样折弯的草图必须是开环，而且只能是两个草图。

生成【放样折弯】特征的操作步骤如下。

01 绘制两个单独的开环轮廓草图，如图6-40所示。

技巧点拨	放样的两个草图必须为开环轮廓，而且轮廓开口应同向对齐，以使平板型式更精确。草图不能有尖锐边线，若有尖角，需对其进行圆角处理。

02 在【钣金】选项卡中单击【放样的折弯】按钮，或者执行菜单栏中【插入】|【钣金】|【放样折弯】命令，弹出【放样折弯】属性面板。在图形区域中选择两个草图，确认想要放样路径经过的点，查看路径预览，如图 6-41 所示。

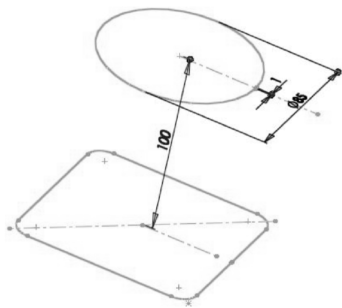


图 6-40　用于生成【放样折弯】草图



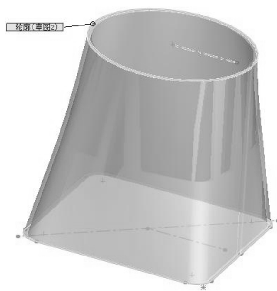


图 6-41　【放样折弯】属性面板

03 可以单击上移按钮或下移按钮调整生成放样折弯的轮廓，如图 6-42 所示。

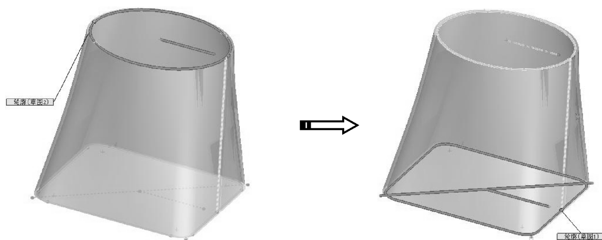


图 6-42　调整放样折弯轮廓

04 为钣金零件设定厚度，可单击【反向】按钮反转材料方向。

05 单击【确定】按钮，生成放样折弯，如图 6-43 所示。可修改缺口尺寸，从而使钣金结合处的间隙更小，如图 6-44 所示。

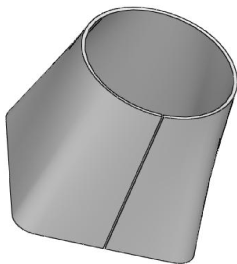


图 6-43　生成放样折弯

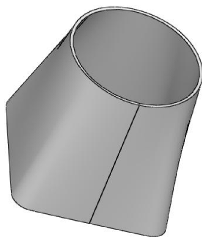
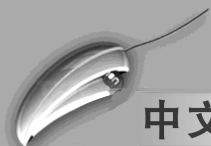


图 6-44　缩小缺口尺寸



6.3.6　建模训练——显示屏支架设计与建模

利用钣金中【转折】命令，完成如图 6-45 所示铜条的创建。



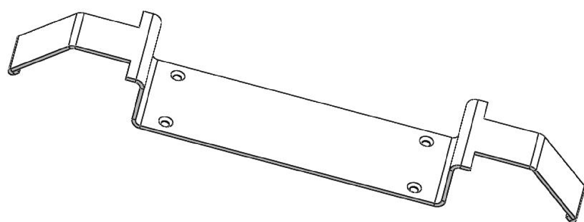


图 6-45　显示屏支架

01 启动 SolidWorks 后，按下【Ctrl】+【N】键，新建一个零件文件，并保存文件，命名为【显示屏支架】。

02 在【草图】选项卡中单击【草图绘制】按钮，选择上视基准面作为草图平面，绘制如图 6-46 的基体法兰草图。

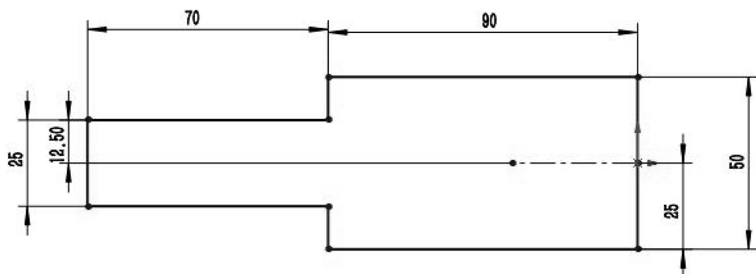


图 6-46　基体法兰草图

03 生成基体法兰。单击【钣金】选项卡中的【基体法兰/薄片】按钮，在弹出的【基体法兰】属性面板中输入钣金厚度值为 2mm，其余参数采用系统默认设置，完成钣金基体法兰创建，如图 6-47 所示。

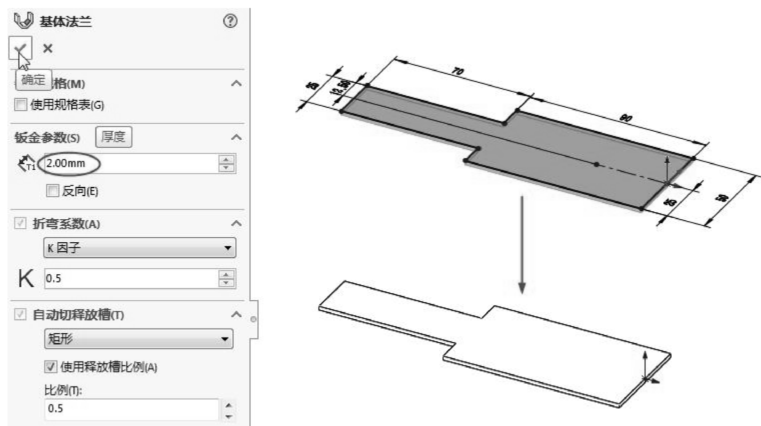


图 6-47　生成基体法兰

04 绘制转折线。在【草图】选项卡中单击【草图绘制】按钮，选择基体法兰实体上表面作为草图平面，绘制一条竖直线段，并标注其与原点的距离为 80mm，完成后如图 6-48 所示。

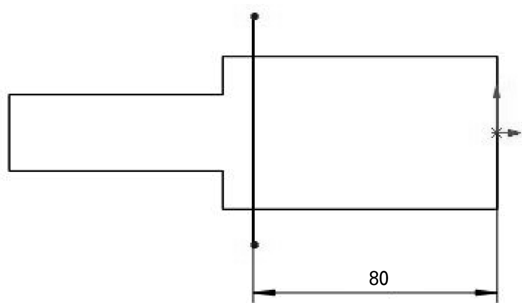


图 6-48　绘制转折线

05　创建转折。单击【钣金】选项卡中的【转折】按钮，弹出【转折】属性面板，选择基体法兰右侧上表面作为固定面，并在【转折等距】选项区中选择【给定深度】方式，输入深度值为 30mm，其余参数采用系统默认设置，创建转折，如图 6-49所示。

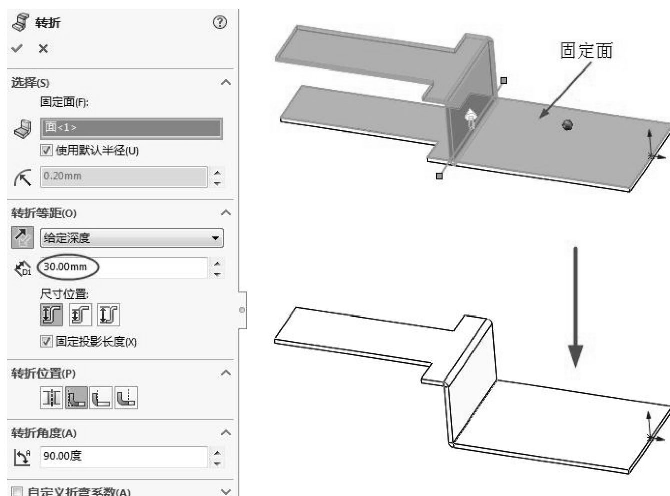


图 6-49　创建转折

06　创建绘制的折弯。在转折上绘制草图直线，如图 6-50 所示。单击【钣金】选项卡中的【绘制的折弯】按钮，弹出【绘制的折弯】属性面板，选择固定面，在【转弯角度】数值框中输入 45，若有必要，单击【反向】按钮，完成绘制折弯的创建，如图 6-51 所示。

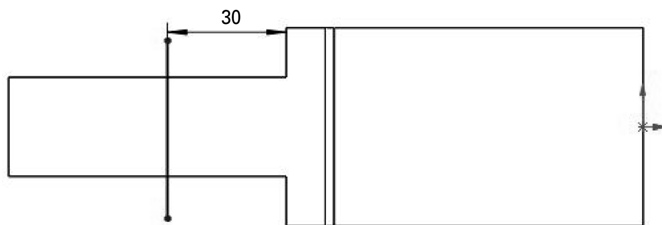


图 6-50　绘制草图直线



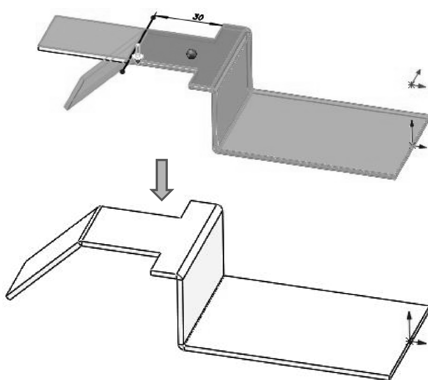


图 6-51　创建绘制的折弯

07　创建褶边。单击【钣金】选项卡中的【褶边】按钮，弹出【褶边】属性面板，选择边线，即可预览出褶边的形状，若有必要，单击【反向】按钮，在【类型和大小】选项区中选择【闭合】方式（打死边），并输入褶边的长度为 5mm，完成褶边的创建，如图 6-52 所示。

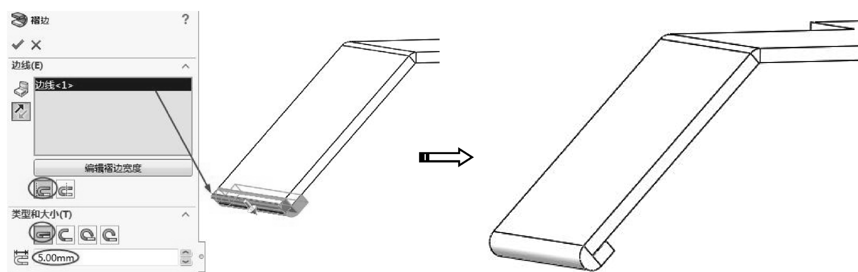


图 6-52　创建褶边

08　镜像实体。单击【特征】选项卡中的【线性阵列】下拉菜单中的【镜像】命令按钮，弹出【镜像】属性面板。选择钣金实体右侧端面作为镜像平面，选择钣金实体，在【选项】选项区中勾选【合并实体】复选框，完成整个钣金实体的镜像，如图 6-53 所示。



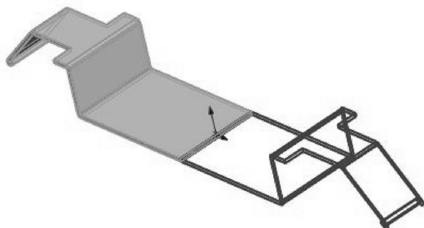


图 6-53　镜像钣金

09 绘制安装孔草图。在【草图】选项卡中单击【草图绘制】按钮，选择钣金底面为草图平面，以捕捉中点的方式创建水平和竖直中心线，单击【圆】按钮，绘制图，并镜像形成 4 个圆，标注其直径为 4.2mm，标注其水平和竖直间距分别为 65mm、17.5mm，如图 6-54 所示。

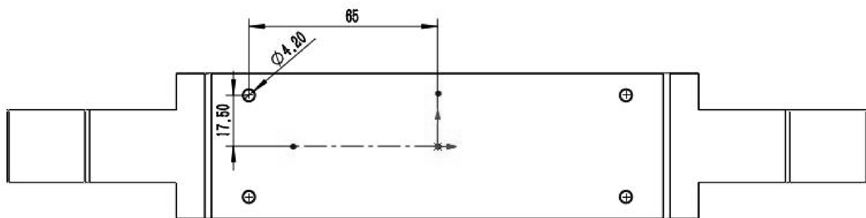


图 6-54 绘制安装孔草图

10 切除安装孔。单击【特征】选项卡中的【拉伸切除】按钮，在弹出的【拉伸切除】属性面板中选择【给定深度】切除方式，并勾选【与厚度相等】复选框，完成安装孔的切除，如图 6-55 所示。

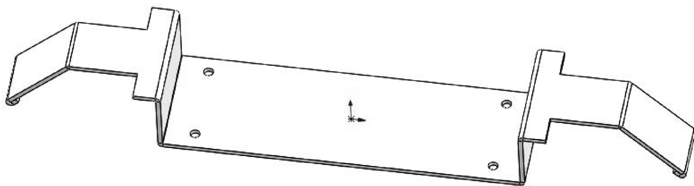


图 6-55 创建切除安装孔

11 至此，显示屏支架建模完成，单击【保存】按钮，将文件保存。

6.4 钣金操作

在 SolidWorks 中生成法兰、钣金成形之后，还需要对钣金进行边角修剪、切除孔等修剪操作。钣金修剪命令包括拉伸和切除简单直孔、边角剪裁、断开边角、闭合角、通风口等。



6.4.1 边角剪裁

【边角剪裁】只能在钣金处于【平板型式】状态下创建，压缩平板型式之后，【边角剪裁】特征也随之压缩。激活【边角剪裁】命令有以下两种方法。

- 在【钣金】选项卡中单击【边角剪裁】按钮。
- 执行【插入】|【钣金】|【边角剪裁】命令。

技巧点拨	若【钣金】选项卡中无【边角剪裁】按钮，用户可自行添加，在工具栏上右击，在弹出的快捷菜单中选择【自定义】命令，然后在【自定义】对话框的【命令】选项卡下，选择【钣金】|【边角剪裁】按钮，将其拖至【钣金】选项卡上合适位置，如图 6-56 所示。



图 6-56 添加【边角剪裁】按钮



图 6-57 【边角剪裁】属性面板

【边角－剪裁】属性面板如图 6-57 所示。

【边角剪裁】面板中各选项区的选项、按钮含义如下。

- 边角边线：在此栏中将显示选择好的边角边线。
- 聚集所有边角：单击此按钮，系统会自动聚集所有边角边线。
- 释放槽类型：在其下拉列表中有 3 种不同的释放槽类型，分别为【圆形】【方形】【折弯腰】。
- 在折弯线上置中：勾选此复选框，释放槽位置的中心将自动放到折弯线上面。否则，不在折弯线上。

技巧点拨	【在折弯线上置中】复选框，只适用于【圆形】和【方形】类型的释放槽。

- 与厚度的比例：勾选此复选框，释放槽的大小将与钣金零件的厚度成比例。
- 与折弯相切：勾选此复选框，释放槽的大小将与折弯相切。此复选框只能在勾选【折弯线上置中】复选框后才能勾选。
- 添加圆角边角：勾选此复选框，可以将释放槽的尖角变为圆角。
- 边角边线和/或法兰面：在此列表中将显示所选的边角边线或法兰面。
- 仅内部边角：勾选此复选框，在钣金零件上只能选择内部的边角，否则，可以选择所有的边角。
- 倒角：单击此按钮，剪裁后的边角将是一个斜面。
- 距离：通过输入值或拖动微调按钮，来设置【倒角】类型的边角剪裁。
- 圆角：单击此按钮，剪裁后的边角将是一个圆弧面。
- 半径：通过输入值或拖动微调按钮，来设置【圆角】类型的边角剪裁。



6.4.2 断开边角

【断开边角/边角剪裁】包括【倒角】和【圆角】两种类型，用户可通过以下方式来选择【断开边角】命令。

- 单击【钣金】选项卡中的【边角】按钮下的【断开边角/边角剪裁】。
- 在【钣金】工具条中单击【断开边角/边角剪裁】按钮。

1. 倒角

【倒角】相当于实体45°倒角命令。单击【钣金】选项卡中的【边角】按钮下的【断开边角/边角剪裁】，弹出【断开边角】属性面板，如图6-58所示。

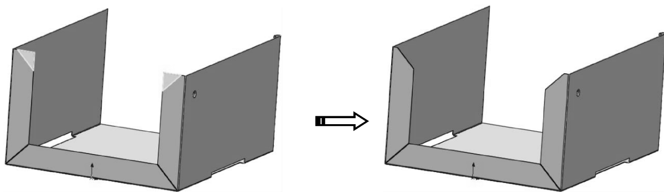


图6-58　【断开边角】属性面板

【断开边角】属性面板中各选项区的选项、按钮命令的含义如下。

- 边角边线和/或法兰面：在此栏中将显示已经选择的边角边线。
- 倒角：选择倒角的方式。
- 距离：倒角的长度。

生成钣金倒角实例如图6-59所示。


图6-59　生成钣金倒角特征

2. 圆角

【圆角】跟实体建模中的圆角相似。单击【钣金】选项卡中的【边角】按钮下的【断开边角/边角剪裁】，弹出【断开边角】属性面板，选择【圆角】类型，如图6-60所示。

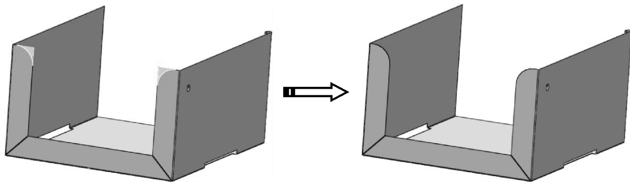


图6-60　钣金圆角类型

其参数详解如下。

- 边角边线和/或法兰面：在此栏中将显示已经选择的边角边线。
- 圆角：选择圆角的方式。
- 半径：倒圆角的长度。

生成钣金圆角实例如图6-61所示。

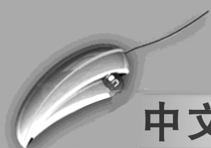

图6-61　生成钣金圆角



6.4.3　闭合角

可在钣金法兰之间添加闭合角。单击【闭合角】按钮闭合角，显示【闭合角】属性面板，如图6-62所示。

其中各选项区的选项、按钮命令的含义如下。



- 要延伸的面：在此列表中显示需要延伸的面。
- 要匹配的面：在此列表中显示所匹配的面。
- 边角类型：确定生成【闭合角】的类型，系统提供了 3 种不同的类型。
- 缝隙间距：通过输入值或拖动微调按钮，来设置要延伸的面和要匹配的面之间的缝隙。
- 重叠/欠重叠比率：通过输入值或拖动微调按钮，来设置延伸的面和要匹配的面之间长度的比率。

技巧点拨	【重叠/欠重叠比率】只适用于【重叠】和【欠重叠】类型的闭合角。

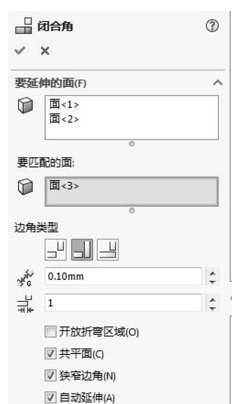


图 6-62 【闭合角】属性面板

创建八角盒的闭合角实例如图 6-63 所示。

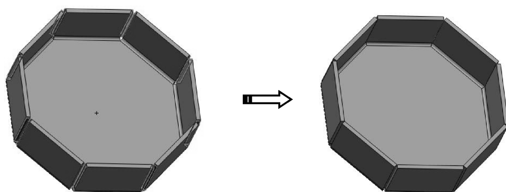


图 6-63 生成八角盒闭合角



6.4.4 通风口

【通风口】特征可以在钣金零件上根据所绘制的草图快速生成通风口。通风口特征创建取决于草图尺寸和形状和各个参数的设置。

通风口特征的创建步骤如下。

01 绘制通风口草图。

02 选择边线、设置参数。

03 生成通风口。

- 单击 通风口 按钮，显示【通风口】属性面板，设置通风口特征的参数，如图 6-64 所示。



图 6-64 【通风口】参数设置

● 完成参数设置后，生成通风口如图 6-65 所示。

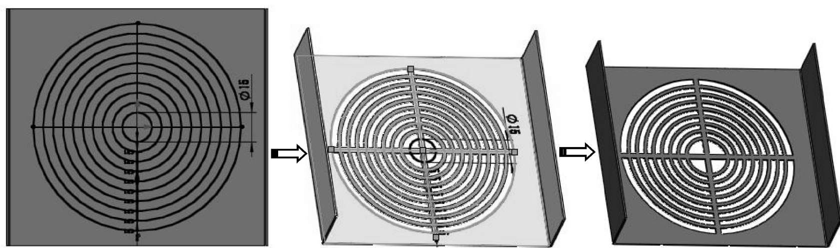


图 6-65　生成通风口特征

> **技巧点拨**　建立通风口草图时，通常会用到草图中的【偏移】命令，从而生成等距的草图实体，确保生成的通风口均匀排布。相对于采用拉伸切除生成封口特征，通风口特征操作更简单，而且修改也更为容易。



6.4.5　实体零件转换为钣金

对于钣金件的设计，用户可以先生成实体零件，然后将实体零件转换为钣金件。实体建模在结构造型方面更加快速、简便，复杂结构的钣金件通过转换方式生成，可以极大提高建模效率和简化建模过程。

【转换到钣金】命令可以快速地将厚度不一致的实体零件转换成钣金零件。

实体转换成钣金的步骤如下。

01　按照常规的建模方法创建实体零件。

02　将创建的实体零件转换成钣金零件。

通过【拉伸】【旋转】【扫描】【放样】等实体特征建模命令设计实体零件，然后单击【转换到钣金】按钮，弹出如图 6-66 所示的【转换到钣金】属性面板，将实体零件换成钣金零件。



图 6-66　【转换到钣金】属性面板

通过【转换到钣金】命令将八棱柱转换为八角盒钣金实例如图 6-67 所示。

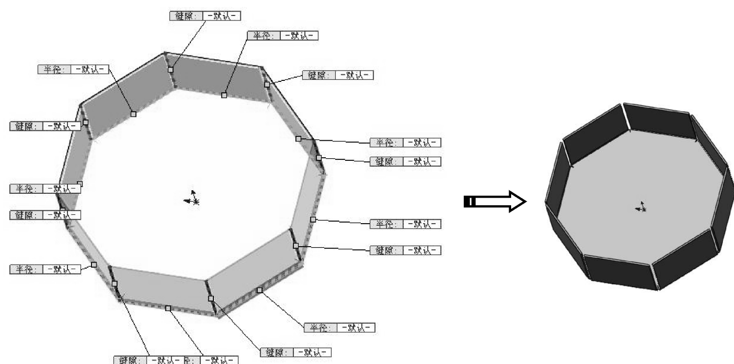


图 6-67　转换实体到钣金



6.4.6　建模操练——电气箱设计

下面以电气箱设计为例，说明 SolidWorks 中钣金成形工具的使用方法，通过该实例的练习，熟悉钣金成形相关操作。

利用钣金中的通风口、镜像等钣金处理命令完成如图 6-68 所示电气箱的创建。

01　新建 SolidWorks 零件文件，将其保存为【电气箱】。

02　单击【草图】选项卡中的【绘制草图】按钮，选择前视基准面作为草图平面。绘制长宽分别为 80、30 的矩形，如图 6-69 所示。

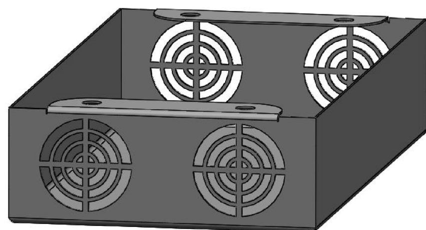


图 6-68　电气箱钣金模型

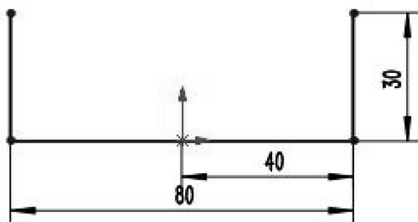


图 6-69　绘制矩形

03　单击【钣金】选项卡中的【基体法兰】按钮，在【基体法兰】属性面板中选择【两侧对称】的成形方式，并输入深度值为 150mm，钣金厚度为 0.5mm，折弯半径为 1mm，其余参数保持默认设置，生成基体法兰，如图 6-70 所示。

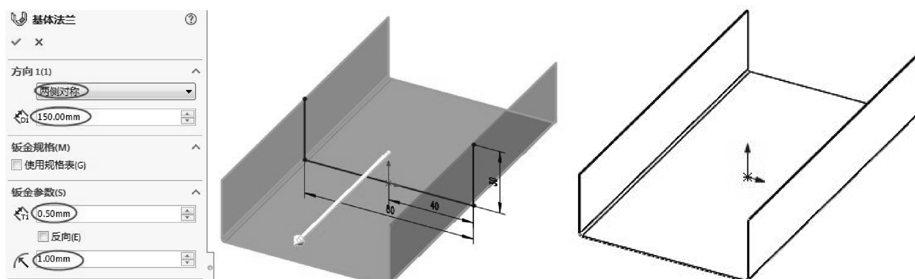


图 6-70　生成基体法兰

04 在【钣金】选项卡中单击【边线法兰】按钮，弹出【边线－法兰】属性面板。选择钣金件一侧边线，选择法兰长度为【成形到一顶点】，单击侧边顶点，生成边线法兰，如图 6-71 所示。

05 单击【闭合角】按钮 闭合角，弹出【闭合角】属性面板。选择生成的边线法兰的两个侧面，系统自动选择要匹配的面，选择边角类型为【对接】，创建闭合角特征，如图 6-72 所示。

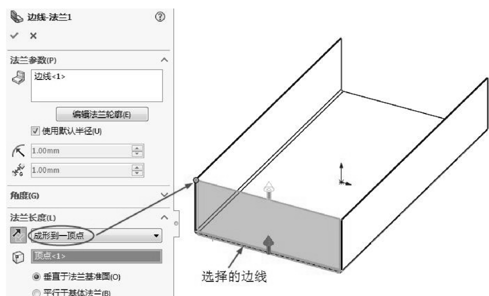


图 6-71　生成边线法兰 1

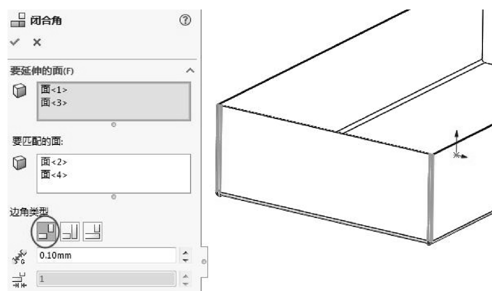


图 6-72　创建闭合角

06 在【钣金】选项卡中单击【边线法兰】按钮，弹出【边线－法兰】属性面板。选择左侧棱边，单击【编辑法兰轮廓】按钮，修改草图并标注尺寸后，单击【完成】按钮，自动生成边线法兰，如图 6-73 所示。

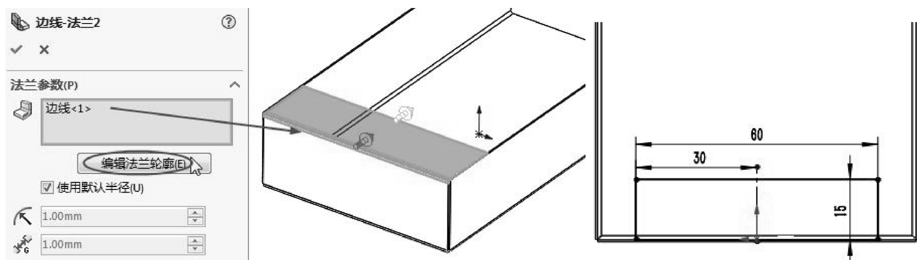


图 6-73　创建边线法兰

07 在【钣金】选项卡中单击【拉伸切除】按钮，选择钣金件上表面作为草图平面，绘制两个圆，单击【确定】按钮，弹出【拉伸－切除】属性面板。在【拉伸－切除】属性面板中勾选【与厚度相等】复选框，生成圆孔的拉伸切除，如图 6-74 所示。

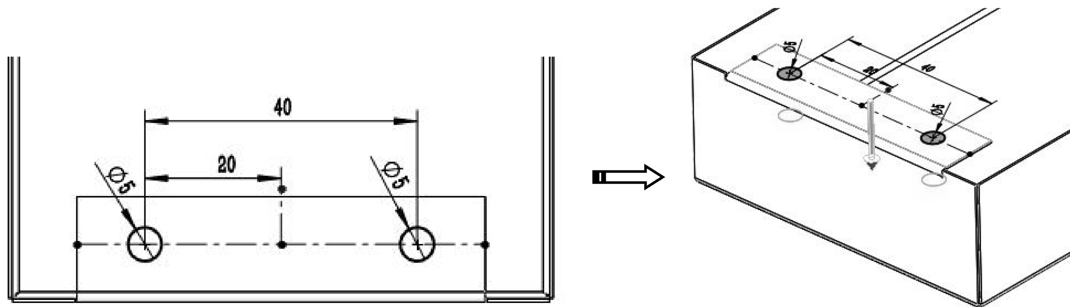


图 6-74　创建拉伸切除孔

08 在【特征】选项卡中单击【镜向】按钮，弹出【镜向】属性面板，选择钣金件的边线、闭合角、拉伸切除作为要镜向的特征，选择前视基准面作为镜向面，完成钣金特征的镜向，如图6-75所示。

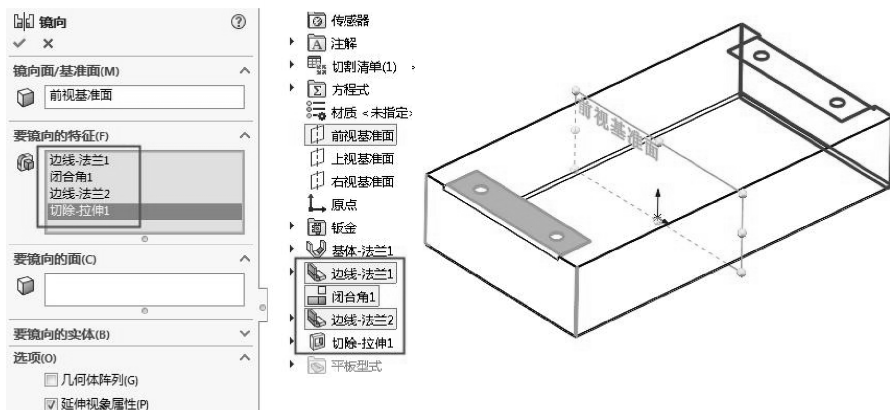


图6-75　镜向钣金特征

09 在【钣金】选项卡中单击【断开边角/边角剪裁】按钮，弹出【断开边角】属性面板。选择顶面的两个边线法兰的4个棱角，生成断开圆角，如图6-76所示。

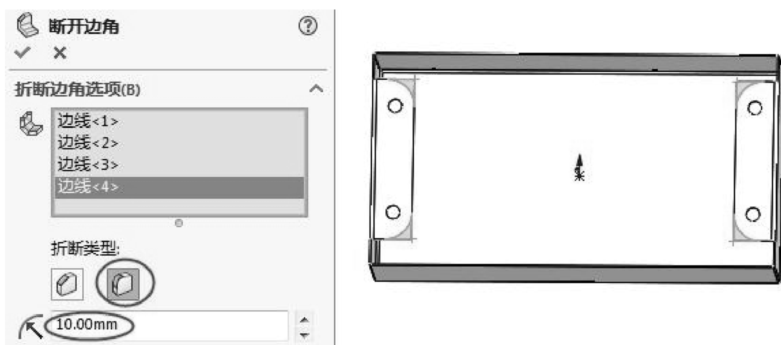


图6-76　创建断开圆角

10 创建通风口。单击【草图】选项卡中的【草图绘制】按钮，选择钣金的端面作为草图平面，绘制通风口的草图，如图6-77所示。

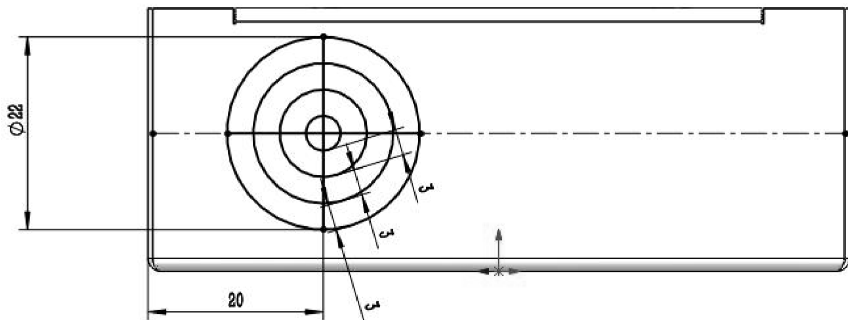


图6-77　绘制通风口草图

11 单击【通风口】按钮 通风口，弹出【通风口】属性面板。选择所绘制的草图，系统自动捕捉到最大直径圆，将其作为通风口的边界。在【通风口】属性面板中选择所有圆为“筋”，输入筋的宽度均为1mm；水平和竖直的直线段为【翼梁】，翼梁的宽度为1.5mm，单击选中最小圆作为填充边界，填充边界内将被封闭不再被分割。设置参数过程中，用户可以预览图形的变化，设置完成后确认创建通风口完毕，如图6-78所示。

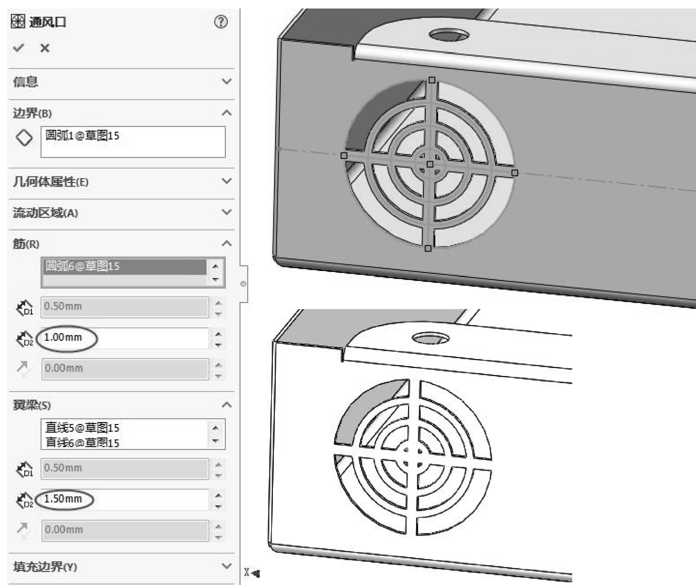


图6-78　生成通风口

技巧点拨	要先选择翼梁草图曲线（十字交叉直线），然后再选择筋曲线（圆形等距曲线）。

12 单击【特征】选项卡中的【镜向】按钮，选择右视图基准面作为镜像面，选择通风口为要镜向的特征，创建镜向，如图6-79所示。

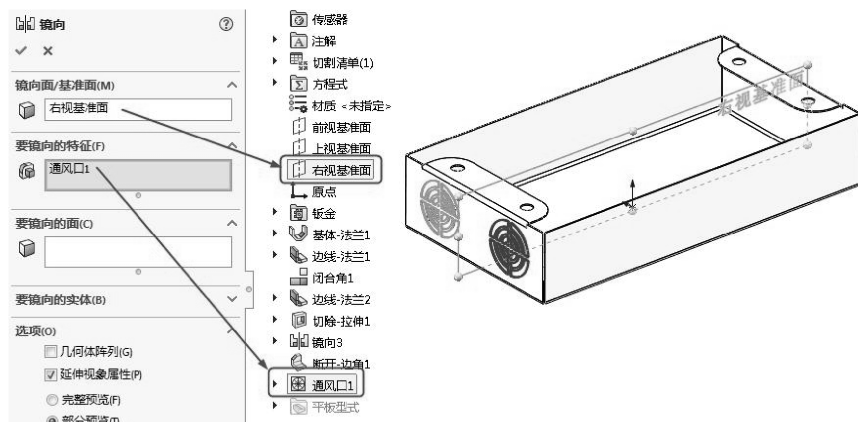


图6-79　左右镜向通风口

13 同理，单击【特征】选项卡中的【镜向】按钮，选择前视图基准面作为镜像面，选择通风口和上一步创建的镜向特征为要镜向的特征，生成新的镜向特征，如图6-80所示。

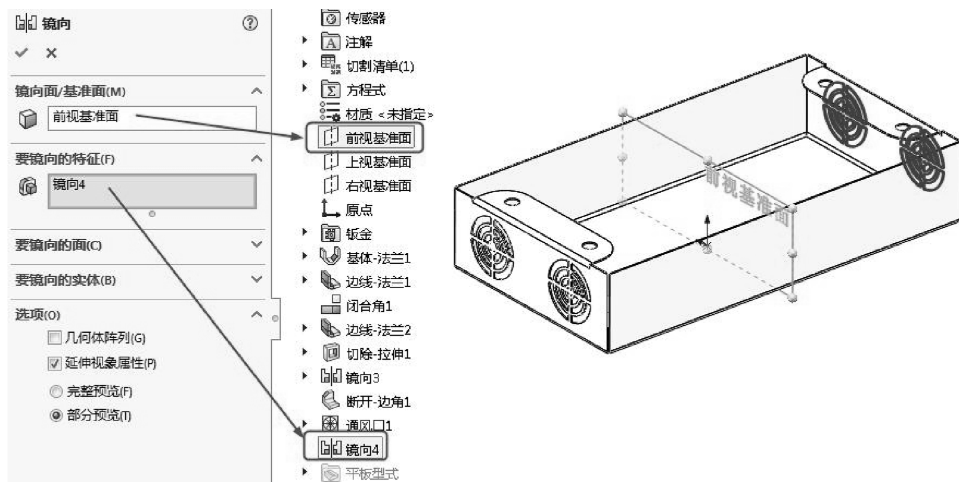


图6-80　前后镜向通风口

14 至此，电气箱模型创建完毕，单击【保存】按钮，将文件保存。

6.5 技术解惑

 6.5.1　钣金展开与计算

钣金展开的传统方法包括图解法和计算法，而现代展开方法借助于三维辅助软件，可以实现快速方便的展开。

所谓展开放样法，就是将金属板材制品的表面全部或局部的形状，在纸面上火金属板上摊成平面图形的一种方法。图6-81就是把一个圆管从接口截开放平成一个长方形，这个长方形就是圆管的展开图。将这个长方形图画在金属板上，按照图样留出必要的加工余量，再将多余部分剪去，就是现场放样的展开图。

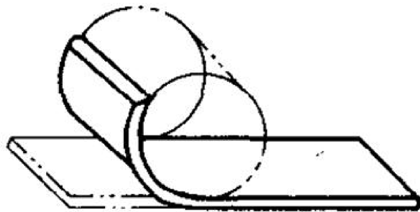


图6-81　圆管展开图

 6.5.2　传统钣金展开放样方法

传统钣金构件的展开放样有以下两种方法：图解法、计算法。

1. 图解法

图解法是基于画法几何原理，利用几何作图完成全部展开步骤，方法直观，但效率低、误差大、步骤繁杂。常用的图解展开方法一般有以下 3 种。

- 平行线展开法：主要应用于素线相互平行的构件。
- 放射线展开法：应用于素线交汇于一点的构件。
- 三角线展开法：由可展表面组成的构件一般都可以用三角线展开法绘制展开图。

下面将分别介绍这 3 种展开方法。

（1）平行线法

平行线法主要适用于棱柱面、圆柱面、椭圆柱面等柱面构件表面沿着与棱线或素线垂直的方向旋转打开，并依次摊开在同一平面上形成展开图。比如，对于斜截面柱面，一般先将圆柱表面分成若干等份，并确定各等分处素线的实长，然后将圆柱底面圆周展为直线，在直线的各相应等分点处画出各素线的实长，显然各素线是相互平行的，用曲线连接各素线上端点，即得到斜截面圆柱的展开面。

当形体表面有平行的边线或棱的构建时，如圆管、矩形管、椭圆管以及由这类管所组成的各种构建，均可用平行线法作展开图。平行线法就是将构建表面分成若干平行部分平面或用素线分成若干梯形小平面进行展开，如图 6-82 所示。

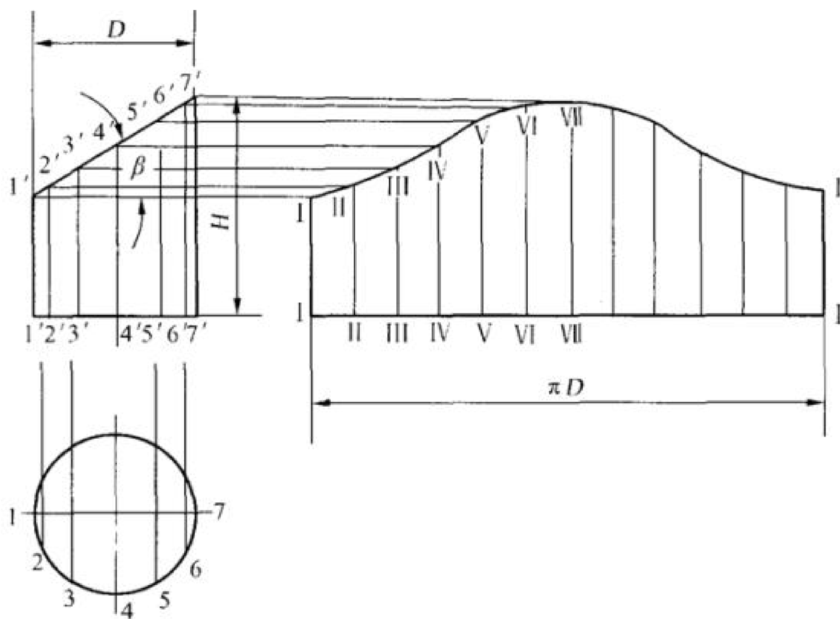


图 6-82 平行线法展开斜截圆柱面

平行线法是作展开图的基本方法，应用最为广泛，其主要操作步骤如下。

- 画出制件的主视图和断面图。主视图表示制件的高度，断面图表示其周长。
- 针对其曲面的结构，依照一定的规则，将该曲面划分为若干个彼此相连的梯形微面元。
- 对每个梯形微面元，都用其四顶点组成的平面梯形逐个替代，即用 N 个梯形替代整

个曲面，其替代误差随着 N 的增加而减小。

- 在同一平面上按同样的结构和连接规则组合画出这些梯形，得到模拟曲面的近似展开图形。

（2）放射线法

放射线法主要适用于棱锥面、圆锥面、椭圆锥面等锥面结构的展开。放射线法的绘制原理与平行线法类似，但锥面展开后各素线不是平行面，而是相交于一点。

放射线法作图是通过假想沿结构的某条棱线或素线将构件打开，然后将构件表面围绕锥顶打开，在换面逼近时使用的面元是三角形，但这些三角形共一顶点，呈扇状摊开在同一平面上形成展开图，如图 6-83 和图 6-84 所示。

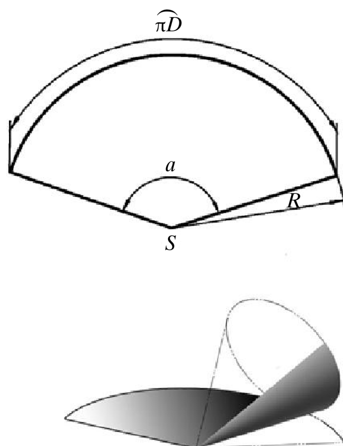


图 6-83　侧滚法展开正圆锥

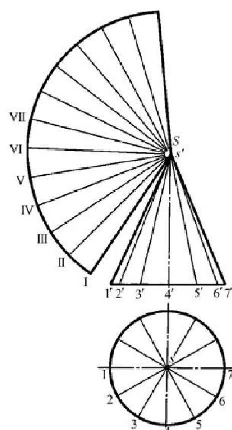


图 6-84　正圆锥的展开

放射线法的主要操作步骤如下。

- 针对某曲面的结构，依照一定的规则，将该曲面划分为 N 个共一顶点、彼此相连的三角形微面元。
- 对每个三角形微面元，都用其三顶点组成的平面三角形逐个替代，即用 N 个三角形替代整个曲面，其替代误差随着 N 的增加而减小。
- 在同一平面上按同样的结构和连接规则组合画出这些呈放射状分布的三角形组，从而得到模拟曲面的近似展开图形。

（3）三角线法

三角线法主要适用于盘旋面、不可展的直纹曲面等曲面的近似展开。三角线法的原理是将形体的表面近似地看作由许多边与边相邻的三角形构成，然后求出各个三角形的真实形状，并将它们拼凑在一起。用三角线法展开钣金件时，通常先在曲面上作一系列素线，将曲面划分为若干小曲面单元，每个小单元一般分为四边形曲面，然后利用四边形的一条对角线将四边形分成两个三角形，最后把全部三角形依次拼画在一起形成展开面。

三角形法在换面逼近时使用的面元是三角形，可用于柱面、锥面等各种曲面的展开，应用广，准确度高。图 6-85 为天圆地方构件的展开。

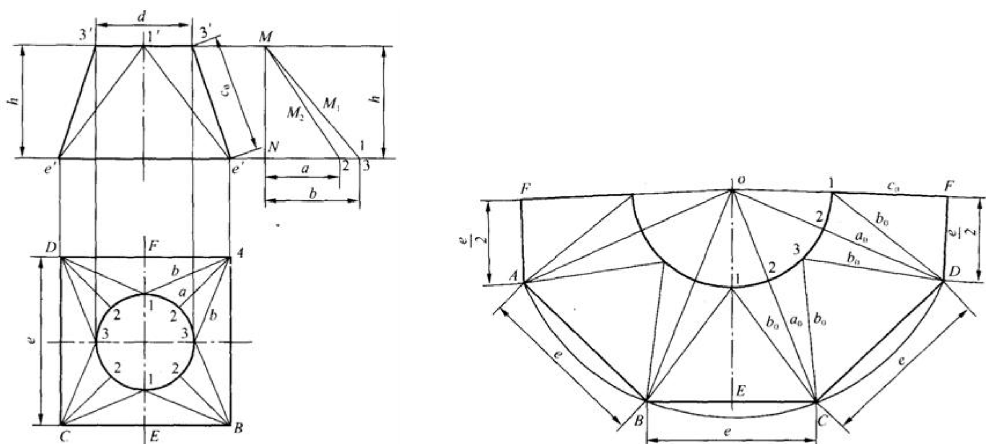


图 6-85　天圆地方构件的三角形法展开

三角形法的主要操作步骤如下。

- 针对某曲面的结构，依照一定的规则，将该曲面划分为若干个彼此相连的三角微面元。
- 对每个三角微面元，都用其三顶点组成的平面三角形予以替代，即用 N 个三角形替代整个曲面，其替代误差随着 N 的增加而减小。
- 在同一平面上按同样的结构和连接规则组合画出这些三角形，于是得到曲面的近似展开图形。

2. 计算法

钣金展开的计算法主要基于解析几何原理，根据构件的已知几何尺寸，通过理论计算推导出形成构件展开图所需要的几何参数，然后通过曲面拟合，绘制出构件的展开图或者把数据传送给数控系统进行加工编程。对于可展开曲面，一般可以直接推导出展开面上边界曲面的方程，但习惯上仍可求出曲面上各等分素线端点的位置坐标，或者素线的长度；对于不可展开面，可计算出近似展开时所需的长度、半径等几何参数。

钣金展开放样的计算法精度高，通用性强，能够克服图解法展开大型构件时场地占用面积大的缺点，还能为计算机辅助展开提供算法基础，所生成的数据能够用于后续的自动化下料设备。常用的计算法有实长计算法、坐标计算法、参数化方法和计算数表达法四种。

实长计算法较多地适用于用三角线图解方法展开的构件。实长计算法在构件展开时通常计算出有关线段的实长，然后再利用这些实长数据来绘制构件的展开图。该方法用计算代替了图解法中求线段实长的作图过程，所得结果更加准确，但最后的展开图一般仍用作图方法来完成。图 6-86 为圆侧口圆底连接管用实长计算法进行展开时的几何模型，其已知尺寸为 D、d、L 和 H，有关计算公式如下。

$$R = \frac{D}{2}$$

$$\mathrm{r} = \frac{d}{2}$$

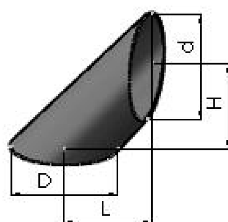
$$\mathrm{m} = \frac{\pi d}{2}$$

$$m_1 = \frac{\pi d}{n_1}$$

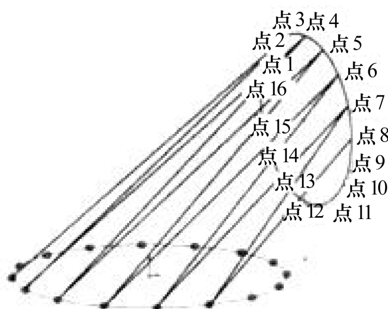
$$a_i = \sqrt{(L - R\cos a_i)^2 + (H - r\cos a_i)^2 + (R - r)^2 \sin^2 a_i}, \quad i = 1, 2, 3, \cdots, \frac{n}{2}$$

$$b_i = \sqrt{(L - R\cos a_i)^2 + (H - r\cos a_{i-1})^2 + (R\sin a_i - r\sin a_{i-1})^2}, \quad i = 1, 2, 3, \cdots, \frac{n}{2}$$

式中，n、n_1 分别是求上、下口圆周等分数量，通常取 $n = n_1$；a 等分角度的计算增量 $a_i = i \times 360^\circ / n$。根据求得的线段实长 a_i、b_i，即可画出展开图形，其中曲线 s_1 和曲线 s_2 可由各线段的端点拟合而成。



三维图



投影图

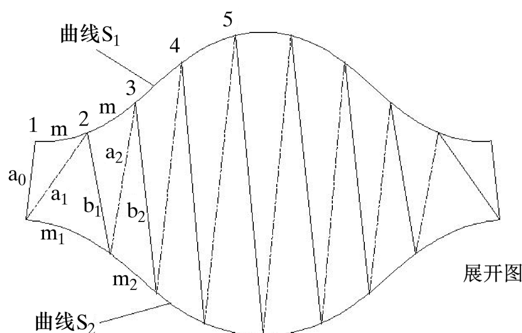


图 6-86　计算法

坐标计算法主要适用于可展开曲面，特别是柱面和锥面的计算展开，这类构件在图解法中一般是用平行线法和放射线法展开的。坐标计算法的数学基础与实长计算法没有什么本质区别，用坐标计算法展开构件时，首先把展开图放在一平面直角坐标系或坐标系中，建立构件空间曲线与其展开曲线之间从三维到二维的点的对应关系，然后直接计算出展开图中点的二维坐标。

对于一些常用的钣金结构，通过变化几个几何参数，就可以得到相同种类、不同形状和结构的系类构件，这类构件的展开放样就可以采用参数数化方法，即建立起尽量通用的计算展开数学模型，展开时通过参数赋值的变化实现相同类型、不同尺寸的构件的展开。

对于一些特别常用的典型钣金构件，在推导出展开面的计算公式之后，为了便于使用者查阅，可将计算数据制成图标，该方法即为计算表法。

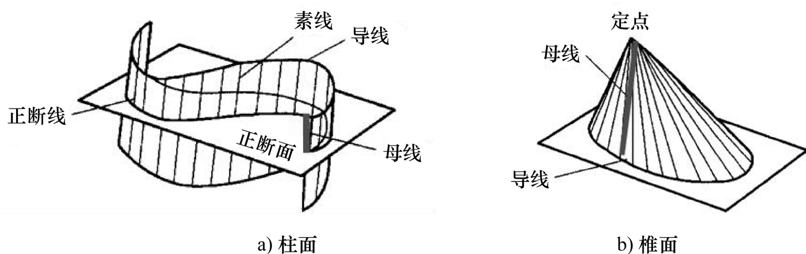


6.5.3　可展曲面与不可展曲面

根据组成零件表面的展开性质，可分为可展曲面与不可展曲面。下面将分别介绍这两种类型。

1. 可展表面

立体形状的零件，其表面能全部平整地摊平在一个平面上而不发生撕裂或者叠折，这种表面称为可展表面，包括柱面、锥面等，如图 6-87 所示。

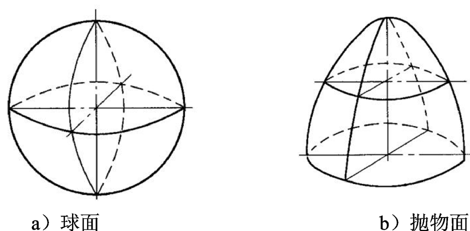


a) 柱面　　b) 椎面

图 6-87　可展表面

2. 不可展表面

表面不能自然平整地展开在一个平面上，就称为不可展表面，常见的有球面、抛物面等，如图 6-88 所示。



a）球面　　b）抛物面

图 6-88　不可展表面



6.5.4　钣金练习

1. 创建加强筋

使用【边线法兰】命令创建加强筋，如图 6-89 所示。

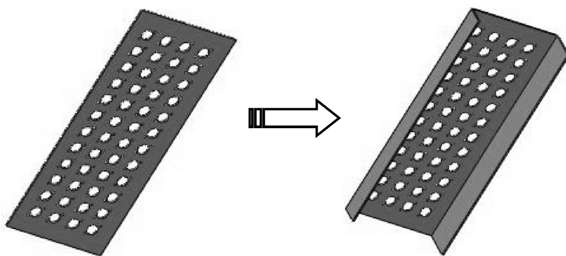


图 6-89　创建加强筋

2. 镜像操作

使用【镜像】命令完成对文件夹左侧板的镜像，如图 6-90 所示。

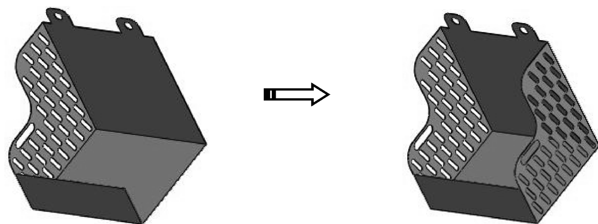


图 6-90　镜像侧板

3. 展开钣金

使用【展开】命令完成对零件的整体展开，如图 6-91 所示。

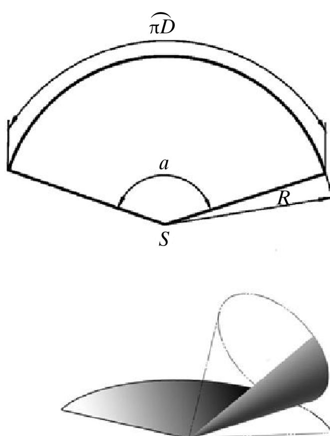


图 6-91　展开钣金零件

第 7 章

装配体设计

本章导读

一般来说，单纯的零件并没有实际价值。对于机械设计而言，一个运动机构、一台装置或设备才有意义。将已经完成的各个独立的零件，根据预先的设计要求装配成为一个完整的装配体，并在此基础上对其进行运动测试，检查是否完成设计功能，才是设计的最终目的，也是 SolidWorks 的要点之一。

案例展现

ANLIZHANXIAN

案　例　图	描　　述
	布局草图对装配体的设计来说是一个非常有用的工具，利用装配布局草图，可以控制零件和特征的尺寸和位置。对装配布局草图的修改会引起所有零件的更新，如果再采用装配设计表还可进一步扩展此功能，自动创建装配体的配置
	台虎钳是装置在工作台上用以夹稳加工工件的工具。台虎钳主要由两大部分构成：固定钳身和活动钳身。本例中将利用装配体的自下而上的设计方法装配台虎钳
	活动脚轮是工业产品，由固定板、支承架、塑胶轮、轮轴及螺母构成。活动脚轮也就我们所说的万向轮，它的结构允许 360 度旋转。活动脚轮的装配设计方式是自上而下，即在总装配体结构下，依次构建出各零部件模型

7.1 SolidWorks 装配设计概述

装配是指根据技术要求将若干零件接合成部件或将若干个零件和部件接合成产品的劳动过程。装配是整个产品制造过程中的后期工作，各部件需正确地装配，才能形成最终产品。如何使零部件装配成产品并达到设计所需要的装配精度，这是装配工艺要解决的问题。



7.1.1 装配入门知识

1. 了解 SolidWorks 装配术语

在利用 SolidWorks 进行装配建模之前，初学者必须先了解一些装配术语，这有助于后面的课程学习。

（1）零部件

在 SolidWorks 中，零部件就是装配体中的一个组件（组成部件）。零部件可以是单个部件（即零件），也可以是一个子装配。零部件是由装配体引用而不是复制到装配体中的。

（2）子装配体

组成装配体的这些零件称为子装配体。当一个装配体成为另一个装配体的零部件时，这个装配体也可称为子装配体。

（3）装配体

装配体是由多个零部件或其他子装配体所组成的一个组合体。装配体文件的扩展名为【. sldasm】。

装配体文件中保存了两个方面的内容：一是进入装配体中各零件的路径，二是各零件之间的配合关系。一个零件放入装配体中时，这个零件文件会与装配体文件产生链接的关系。在打开装配体文件时，SolidWorks 要根据各零件的存放路径找出零件，并将其调入装配体环境。所以装配体文件不能单独存在，要和零件文件一起存在才有意义。

（4）自下而上装配

自下而上装配是指在设计过程中，先设计单个零部件，在此基础上进行装配，生成总体设计。这种装配建模需要设计人员交互地给定配合构件之间的配合约束关系，然后由 SolidWorks 系统自动计算构件的转移矩阵，并实现虚拟装配。

（5）自上而下装配

自上而下装配，是指在装配级中创建与其他部件相关的部件模型，是在装配部件的顶级向下产生子装配和部件（即零件）的装配方法。即先由产品的大致形状特征对整体进行设计，然后根据装配情况对零件进行详细的设计。

（6）混合装配

混合装配是将自上而下装配和自下而上装配结合在一起的装配方法。例如先创建几个主要部件模型，再将其装配在一起，然后在装配中设计其他部件，即为混合装配。在实际设计中，可根据需要在两种模式下切换。

（7）配合

配合是在装配体零部件之间生成几何关系。当零件被调入到装配体中时，除了第一个调入的之外，其他的都没有添加配合，位置处于任意的【浮动】状态。在装配环境中，处于

【浮动】状态的零件可以分别沿 3 个坐标轴移动，也可以分别绕 3 个坐标轴转动，即共有 6 个自由度。

（8）关联特征

关联特征是在当前零件中通过对其他零件的几何体进行绘制草图、投影、偏移或加入尺寸来创建几何体。关联特征也带有外部参考的特征。

2. 装配环境的进入

进入装配体环境有两种方法：第一种是新建装配体文件时，在弹出的【新建 SOLIDWORKS 文件】对话框中选择【装配体】模板，单击【确定】按钮，即可新建一个装配体文件，并进入装配环境，如图 7-1 所示；第二种是在零件环境中，选择【文件】|【从零件制作装配体】命令，切换到装配环境。

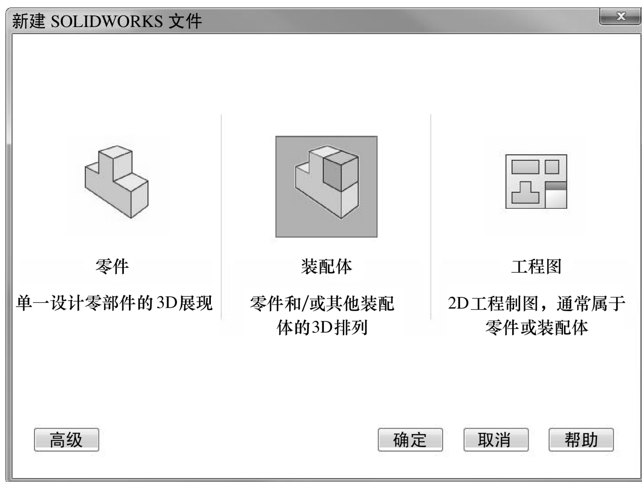


图 7-1　新建装配体文件

新建一个装配体文件或打开一个装配体文件时，即进入 SolidWorks 装配环境。SolidWorks 装配操作界面和零件模式的界面相似，装配体界面同样包含菜单栏、选项卡、设计树、控制区和零部件显示区。在左侧的控制区中列出了组成该装配体的所有零部件。在设计树最低端还有一个【配合】文件夹，包含了所有零部件之间的配合关系，如图 7-2 所示。

由于 SolidWorks 提供了自己定制界面的功能，装配操作界面可能与用户实际应用的情况有所不同，但大部分界面是一致的。

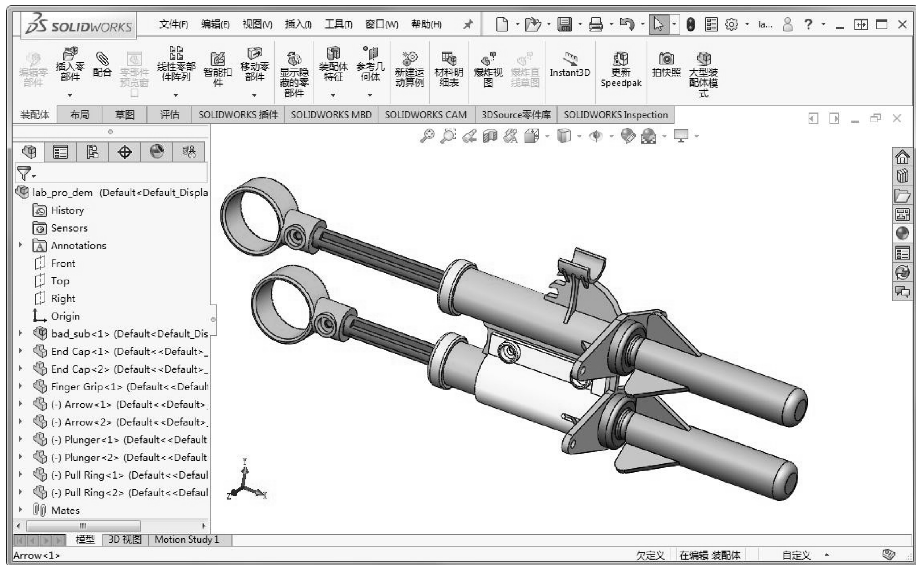
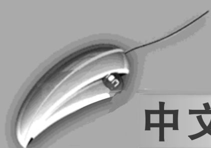


图 7-2　SolidWorks 装配操作界面





7.1.2 布局草图

布局草图对装配体的设计来说是一个非常有用的工具，利用装配布局草图，可以控制零件和特征的尺寸和位置。对装配布局草图的修改，会引起所有零件的更新，如果再采用装配设计表，还可进一步扩展此功能，自动创建装配体的配置。

1. 布局草图的功能

装配环境中的布局草图有如下功能。

（1）确定设计意图

所有的产品设计都有一个设计意图，不管是创新设计还是改良设计。总设计师最初的想法、草图、计划、规格及说明都可以用来构成产品的设计意图。它可以帮助每个设计者更好地理解产品的规划和零件的细节设计。

（2）定义初步的产品结构

产品结构包含了一系列的零件，以及它们所继承的设计意图。产品结构可以这样构成：其中的子装配和零件都可以只包含一些从顶层继承的基准和骨架或者复制的几何参考，而不包括任何本身的几何形状或具体的零件；可以把子装配和零件在没有任何装配约束的情况下加入装配之中。这样做的好处是，这些子装配和零件在设计的初期是不确定也不具体的，但是仍然可以在产品规划设计时把它们加入装配中，从而可以为并行设计做准备。

（3）在整个装配骨架中传递设计意图

重要零件的空间位置和尺寸要求都可以作为基本信息，放在顶层基本骨架中，然后传递给各个子系统，每个子系统从顶层装配中获得所需要的信息，进而可以在获得的骨架中进行细节设计，因为它们基于同一设计基准。

（4）子装配和零件的设计

当代表顶层装配的骨架确定，设计基准传递下去之后，就可以进行单个的零件设计。这里，可以采用两种方法进行零件的详细设计：一种方法是基于已存在的顶层基准，设计好零件再进行装配；另一种方法是在装配关系中建立零件模型。零件模型建好之后，管理零件之间的相互关联性。用添加方程式的形式来控制零件与零件之间及零件与装配件之间的关联性。

2. 布局草图的建立

由于自上而下设计是从装配模型的顶层开始，通过在装配环境中建立零件来完成整个装配模型设计的方法，为此，在装配设计的最初阶段，按照装配模型的最基本的功能和要求，在装配体顶层构筑布局草图，用这个布局草图来充当装配模型的顶层骨架。随后的设计过程基本上都是在这个基本骨架的基础上进行复制、修改、细化和完善，最终完成整个设计过程的。

要建立一个装配布局草图，可以在【开始装配体】属性面板中单击【生成布局】按钮，随后进入 3D 草图模式。在特征管理器设计树中将生成一个【布局】文件，如图 7-3 所示。



图 7-3 进入 3D 草图模式并生成布局文件



7.1.3　装配体检测

零部件在装配环境下完成装配以后，为了找出装配过程中产生的问题，需要使用 SolidWorks 提供的检测工具检测装配体中各零部件之间存在的间隙、碰撞和干涉，使装配设计得到改善。

1. 间隙验证

【间隙验证】工具用来检查装配体中所选零部件之间的间隙。使用该工具可以检查零部件之间的最小距离，并报告不满足指定的【可接受的最小间隙】的间隙。

在【装配体】选项卡中单击【间隙验证】按钮，属性管理器中显示【间隙验证】属性面板，如图 7-4 所示。

技巧点拨	如果选项卡中没有此按钮，需要应用【自定义】命令调出【间隙验证】命令。

【间隙验证】属性面板中各选项区、选项的含义如下。



图 7-4　【间隙验证】属性面板

（1）【所选零部件】选项区：该选项区用来选择要检测的零部件，并设定检测的间隙值。

- 检查间隙范围：指定只检查所选实体之间的间隙，还是检查所选实体和装配体其余实体之间的间隙。
- 所选项：只检测所选的零部件。
- 所选项和装配体其余项：选择此项，将检测所选及未选的零部件。
- 可接受的最小间隙：设定检测间隙的最小值。小于或等于此值时将在【结果】选项区中列出报告。

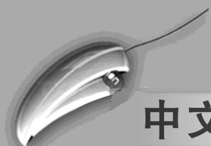
（2）【结果】选项区：该选项区用来显示间隙检测的结果。

- 忽略：单击此按钮，将忽略检测结果。
- 零部件视图：勾选此复选框，按零部件名称非间隙编号列出间隙。

（3）【选项】选项区：该选项区用来设置间隙检测的选项。

- 显示忽略的间隙：勾选此复选框，可在结果清单中以灰色图标显示忽略的间隙。当取消勾选时，忽略的间隙将不会列出。
- 视子装配体为零部件：勾选此复选框，将子装配体作为一个零部件，而不会检测子装配体下的零部件间隙。
- 忽略与指定值相等的间隙：勾选此复选框，将忽略与设定值相等的间隙。
- 使算例零件透明：以透明模式显示正在验证其间隙的零部件。
- 生成扣件文件夹：将扣件（如螺母和螺栓）之间的间隙隔离为单独文件夹。

（4）【未涉及的零部件】选项区：使用选定模式来显示间隙检查中未涉及的所有零部件。



2. 干涉检查

使用【干涉检查】工具，可以检查装配体中所选零部件之间的干涉。在【评估】选项卡中单击【干涉检查】按钮，属性管理器中显示【干涉检查】属性面板，如图 7-5 所示。

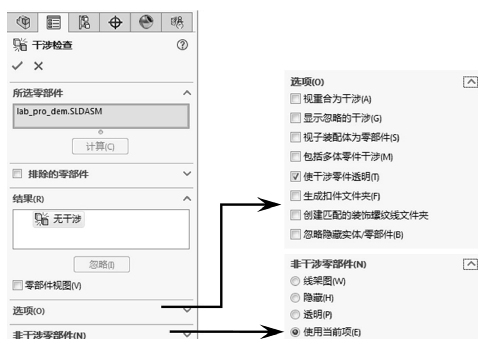


图 7-5 【干涉检查】属性面板

【干涉检查】属性面板中的属性设置与【间隙验证】属性面板中的属性设置基本相同，【选项】选项区中的各选项含义如下。

- 视重合为干涉：勾选此复选框，将零部件重合视为干涉。
- 显示忽略的干涉：勾选此复选框，将在【结果】选项区列表中以灰色图标显示忽略的干涉。反之，则不显示。
- 包括多体零件干涉：勾选此复选框，将报告多实体零件中实体之间的干涉。

技巧点拨	默认情况下，除非预选了其他零部件，否则将显示顶层装配体。当检查一装配体的干涉情况时，其所有零部件将被检查。如果选取单一零部件，则只报告涉及该零部件的干涉。

3. 孔对齐

在装配过程中，使用【孔对齐】工具可以检查所选零部件之间的孔是否未对齐。在【装配体】选项卡中单击【孔对齐】按钮，属性管理器中显示【孔对齐】属性面板。在属性面板中设定【孔中心误差】后，单击【计算】按钮，将自动计算整个装配体中是否存在孔中心误差，计算的结果将列表于【结果】选项区中，如图 7-6 所示。

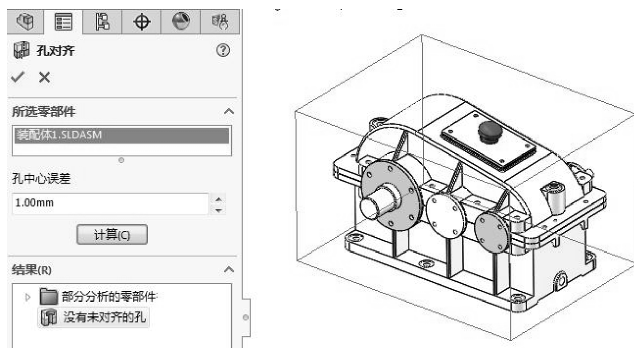


图 7-6 孔对齐检查



7.1.4 控制装配体的显示

在装配设计过程中，对于复杂的、大型装配体来说，常常需要显示或隐藏某些零部件，以便进行其他零部件的装配工作。接下来将一一介绍装配体零部件的显示或隐藏功能。

1. 显示或隐藏零部件

在 SolidWorks 装配环境下的设计树中，单击顶部的【展开】按钮»，打开显示窗格。显

示窗格中包括 4 种显示或隐藏零部件的方法：隐藏/显示、显示模式、外观和透明度，如图 7-7所示。

除了可以利用显示窗格中的工具外，还可以在特征管理器设计树中执行右键快捷菜单中的显示或隐藏命令来控制零部件的显示或隐藏。右键快捷菜单如图 7-8 所示。

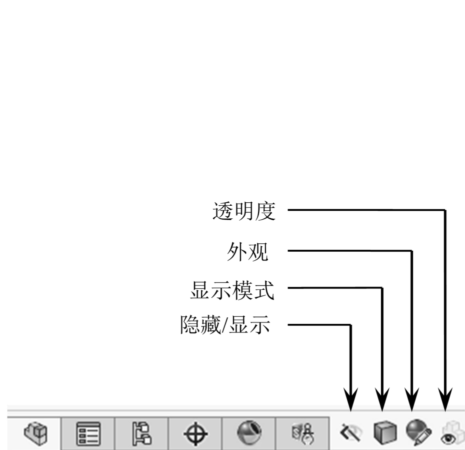


图 7-7　显示窗格

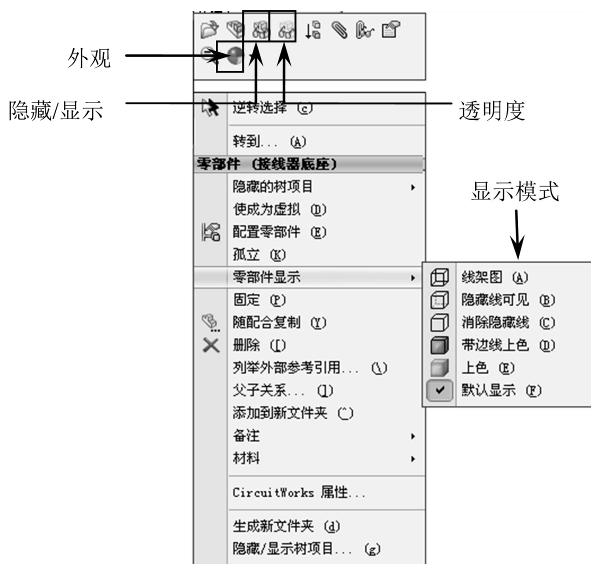


图 7-8　右键快捷菜单中的显示与隐藏命令

2. 隐藏/显示

从展开的显示窗格中可以看出，显示的零部件的图标为。单击此图标，该零部件即隐藏，且图标变为，如图 7-9 所示。

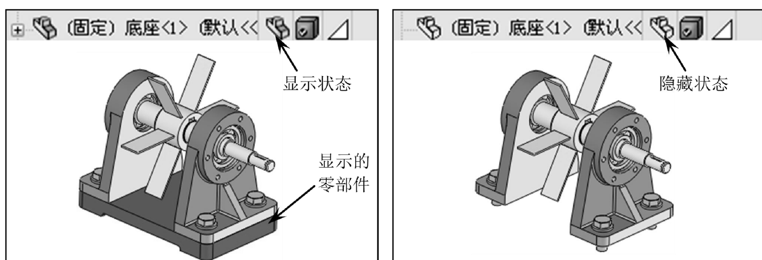


图 7-9　零部件的显示与隐藏

3. 显示模式

显示模式有 5 种，分别为线架图、隐藏线可见、消除隐藏线、带边线上色和上色。选中一零部件，然后在显示窗格中单击【显示模式】图标，会弹出显示模式的菜单。此菜单与特征管理器设计树中的右键快捷菜单的显示模式命令相同，图 7-10 为 5 种显示模式下的零部件。

4. 外观

在前导视图工具条中单击【编辑外观】按钮，属性管理器会显示【颜色】属性面板。在该属性面板中可以为选取的零部件设置外观。

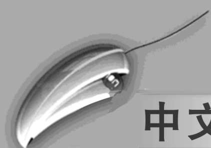




图 7-10　零部件的 5 种显示模式

技巧点拨	在【颜色】属性面板的【高级】选项卡下【照明度】选项区中，拖动滑块可以改变零部件的透明度。



7.1.5　装配建模训练——基于布局草图的装配体设计

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch03 \ 基于布局草图的装配体设计. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch03 \ 基于布局草图的装配体设计. avi

01　新建一个装配体文件。

02　在【开始装配体】属性面板中单击【生成布局】按钮，随后进入 3D 草图模式。

03　利用草图命令，绘制如图 7-11 所示的布局草图。

04　从绘制的布局草图中可以看出，整个装配体由 4 个零部件组成。在【装配体】选项卡中选择【新零件】命令，生成一个新的零部件文件。

05　在特征管理器设计树中选中该零部件文件并选择右键快捷菜单中的【编辑】命令，激活新零件文件。

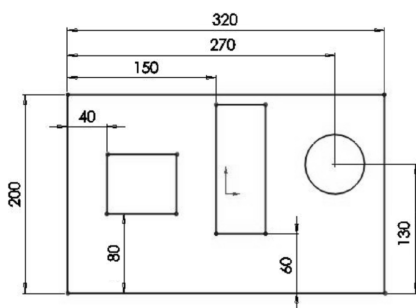


图 7-11　绘制布局草图

06　使用【特征】选项卡中的【拉伸凸台/基体】工具，利用布局草图的轮廓，重新创建 2D 草图，并创建出拉伸特征，如图 7-12 所示。

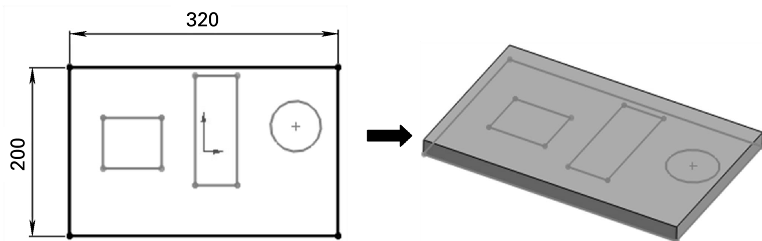


图 7-12　创建拉伸特征

07 拉伸特征创建后，在【草图】选项卡中单击【编辑零部件】按钮，完成装配体第一个零部件的设计。同理，使用相同操作方法依次完成其余的零部件的设计，最终设计完成的装配体模型如图 7-13 所示。

08 最后保存结果文件。

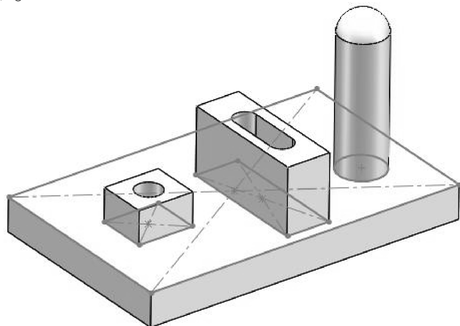


图 7-13 利用布局草图设计的装配体模型

7.2 自下而上装配设计

前面已经描述了什么是自上而下装配设计，在本部分中接着讲解如何在 SolidWorks 中创建自下而上装配。



7.2.1 创建装配体

当用户新建装配体文件并进入装配环境中时，属性管理器中显示【开始装配体】属性面板，如图 7-14 所示。

在属性面板中，可以单击【生成布局】按钮，直接进入布局草图模式，绘制用于定义装配零部件位置的草图。

还可以通过单击【浏览】按钮，浏览要打开的装配体文件位置，并将其插入到装配环境中，然后再进行装配的设计、编辑等操作。

属性面板的【选项】选项区中包含 3 个复选框，其含义如下。

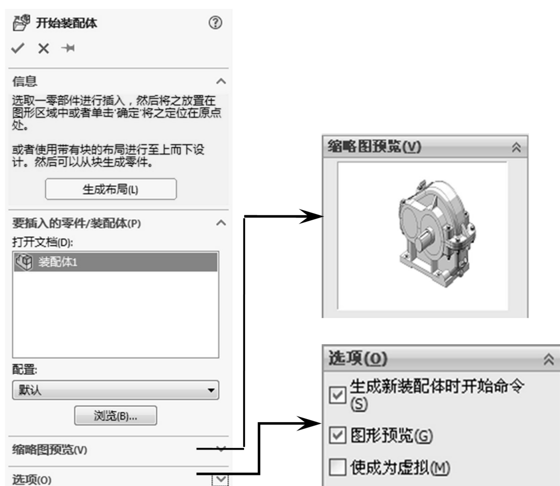


图 7-14 【开始装配体】属性面板

- 生成新装配体时开始命令：该选项用于控制【开始装配体】属性面板的显示与否。如果用户的第一个装配体任务为插入零部件或生成布局之外的普通事项，可以取消此复选框的勾选。

技巧点拨	如果要关闭【开始装配体】属性面板的显示，可以执行【插入零部件】命令，重新勾选此复选框后即可重新打开该属性面板。

- 图形预览：此选项用于控制插入的装配模型是否在图形区中预览。
- 使成为虚拟：勾选此复选框，可以使用户插入的零部件成为【虚拟】零部件，使该虚拟零部件断开外部零部件文件的链接并在装配体文件内存储零部件定义。



7.2.2 插入零部件

插入零部件功能可以将零部件添加到新的或现有装配体中。插入零部件功能包括以下几种装配方法：插入零部件、新零件、新装配体和随配合复制。

1. 插入零部件

【插入零部件】工具用于将零部件插入到现有装配体中。用户选择自下而上的装配方式后，先在零件模式中造型，可以使用该工具将其插入装配体，然后使用【配合】来定位零件。

可通过以下方式来执行【插入零部件】命令。

单击【插入零部件】按钮，属性管理器将显示【插入零部件】属性面板。【插入零部件】属性面板中的选项设置与【开始装配体】属性面板是相同的，这里就不重复介绍了。

技巧点拨	在自上而下的装配设计过程中，我们可以把第一个插入的零部件称为【主零部件】。因为后插入的零部件将以它作为装配参考。

2. 新零件

使用【新零件】工具，可以在关联的装配体中设计新的零件。在设计新零件时可以使用其他装配体零部件的几何特征。只有在选择了自上而下的装配方式后，才可以使用此工具。

技巧点拨	在生成关联装配体的新零部件之前，可指定默认行为将新零部件保存为单独的外部零件文件或者作为装配体文件内的虚拟零部件。

在【装配体】选项卡中执行【新零件】命令后，特征管理器设计树中将显示一个空的【［零件1^装配体1］】的虚拟装配体文件，且指针变为，如图7-15所示。

当指针在设计树中移动至基准面位置时，指针则变为，如图7-16所示。指定一基准面后，即可在插入的新零件文件中创建模型。

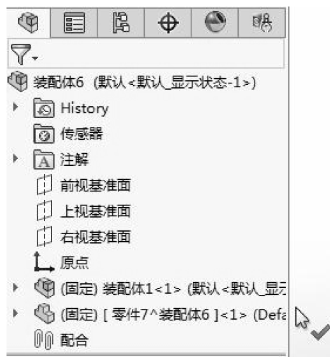


图7-15 设计树中新零部件文件

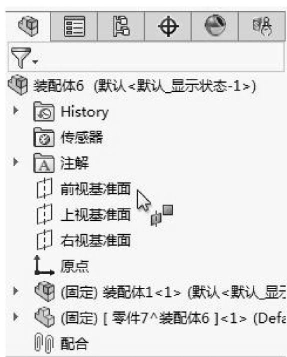


图7-16 欲选择基准面时的指针

对于内部保存的零件，可不选取基准面，单击图形区域的空白区域，此时空白零件即添加到装配体中。用户可编辑或打开空白零件文件并生成几何体。零件的原点与装配体的原点重合，则零件的位置是固定的。

技巧点拨	在生成关联装配体的新零部件之前，要想使虚拟的新零部件文件变为单独的外部装配体文件，只需将虚拟的零部件文件【另存为】即可。



3. 新装配体

当需要在任何一层装配体层次中插入子装配体时，可以使用【新装配体】工具。创建子装配体后，可以用多种方式将零部件添加到子装配体中。

插入新的子装配体的装配方法也是自上而下的设计方法。插入的新子装配体文件也是虚拟的装配体文件。

4. 随配合复制

使用【随配合复制】工具复制零部件或子装配体时，可以同时复制其关联的【配合】。例如，在【装配体】选项卡执行【随配合复制】命令后，在减速器装配体中复制其中一个【被动轴通盖】零部件时，属性管理器将显示【随配合复制】属性面板，属性面板中显示了该零部件在装配体中的配合关系，如图 7-17 所示。

【随配合复制】属性面板中各选项区及选项的含义如下。

- 所选零部件：该选项区中的列表，用于收集要复制的零部件。
- 复制该配合◎：单击【配合】按钮，即可在复制零部件过程中配合复制，再单击此按钮，则不复制配合。
- 重复：仅当所创建的所有复件都使用相同的参考时可勾选【重复】复选框。
- 要配合到的新实体：激活此列表，在图形区域中选择新配合参考，来确定新的配合参考。
- 反转配合对齐↗：单击此按钮，改变配合对齐方向。

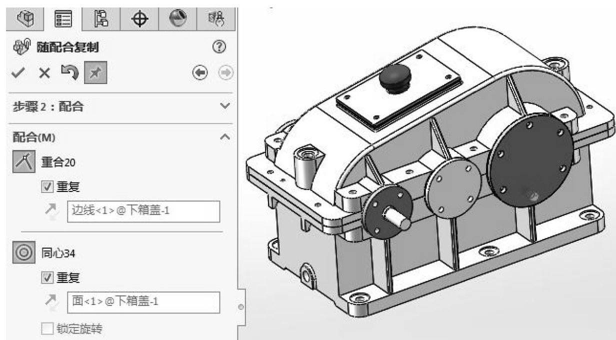


图 7-17 随配合复制减速器装配体的零部件



7.2.3 零部件的配合

配合就是在装配体零部件之间生成几何约束关系。

零件被调入装配体中时，除了第一个调入零部件或子装配体之外，其他的都没有添加配

合，位置处于任意的【浮动】状态。在装配环境中，处于浮动状态的零件可以分别沿 3 个坐标轴移动，也可以分别绕 3 个坐标轴转动，即共有 6 个自由度。

给零件添加装配关系后，可消除零件的某些自由度，限制零件的某些运动，此种情况称为不完全约束。当添加的配合关系将零件的 6 个自由度都消除时，此种情况称为完全约束，零件将处于【固定】状态，如同插入的第一个零件一样（默认情况下为【固定】），无法进行拖动操作。

技巧点拨	一般情况下，第一个插入的零部件位置是固定的，但也可以执行右键快捷菜单中的【浮动】命令，取消其【固定】状态。

可通过以下方式来执行【配合】命令。

单击【配合】按钮，属性管理器中显示【配合】属性面板。属性面板中的【配合】选项卡下包括用于添加标准配合、机械配合和高级配合的选项功能。【分析】选项卡用于分析所选的配合，如图 7-18 所示。

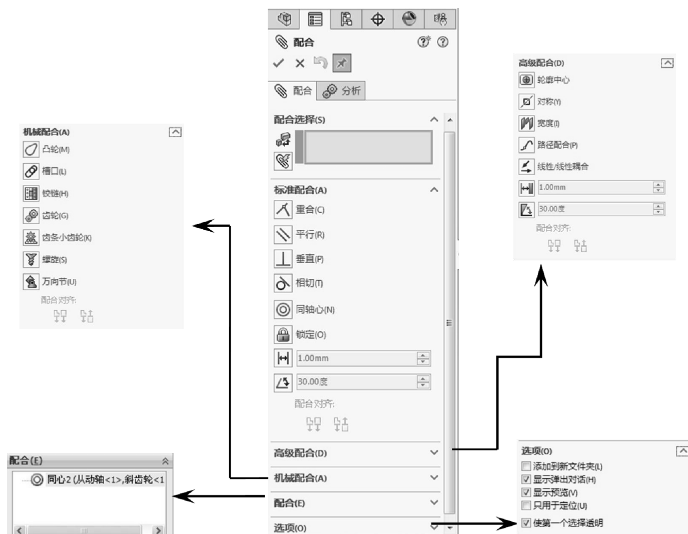


图 7-18 【配合】属性面板

1. 【配合选择】选项区

该选项区用于选择要添加配合关系的参考实体。激活【要配合的实体】选项，选择想配合在一起的面、边线、基准面等。这是单一的配合，如图 7-19 所示。

多配合模式选项用于多个零件与同一参考的配合，如图 7-20 所示。

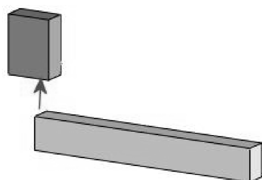


图 7-19 单一配合

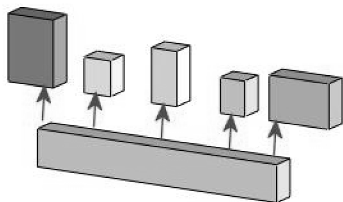


图 7-20 多配合

该选项区的选项含义如下。

- 普通参考：激活此列表，选择要配合的数个其他零部件的实体。
- 零部件参考：激活此列表，选择两个或多个其他零部件上的实体与普通参考进行配合，将为每个零部件添加配合。
- 生成多配合文件夹：将所产生的配合分组在【Multi – Mates（多配合）】文件夹中。
- 链接尺寸：勾选此复选框，选择要链接的尺寸，将使变量名称与多配合文件夹名称相同。

2. 标准配合

该选项区用于选择配合类型。SolidWorks 提供了 9 种标准配合类型，其含义如下。

- 重合：将所选面、边线及基准面定位（相互组合或与单一顶点组合），使其共享同一个无限基准面。定位两个顶点使它们彼此接触。
- 平行：使所选的配合实体相互平行。
- 垂直：使所选配合实体彼此间呈 90°角度放置。
- 相切：使所选配合实体彼此间保持相切（至少有一个选择项为圆柱面、圆锥面或球面）。
- 同轴心：使所选配合实体共享同一中心线。
- 锁定：保持两个零部件之间的相对位置和方向。
- 距离：使所选配合实体彼此间保持指定的距离而放置。
- 角度：使所选配合实体彼此间保持指定的角度而放置。
- 配合对齐：设置配合对齐条件。配合对齐条件包括【同向对齐】和【反向对齐】。【同向对齐】是指与所选面正交的向量指向同一方向，如图 7-21a 所示。【反向对齐】是指与所选面正交的向量指向相反方向，如图 7-21b 所示。

技巧点拨	对于圆柱特征，轴向量无法看见或确定。可选择【同向对齐】或【反向对齐】来获取对齐方式，如图 7-22 所示。

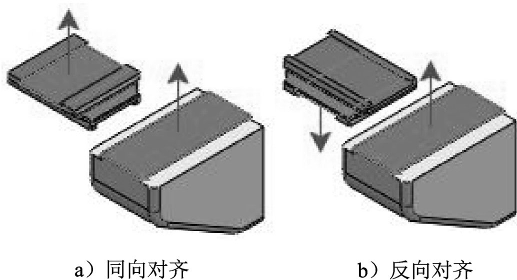


图 7-21 配合对齐

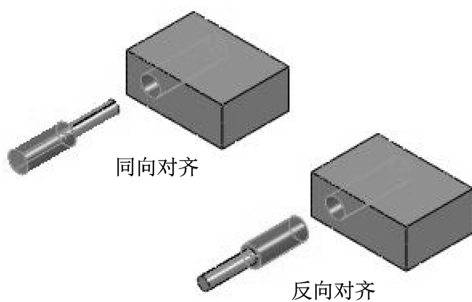


图 7-22 圆柱特征的配合对齐

3. 高级配合

【高级配合】选项区提供了相对比较复杂的零部件配合类型。表 7-1 列出了 6 种高级配合类型的说明及图解。

表 7-1　6 种高级配合类型的说明及图解

高级配合	说　　明	图　　解
对称配合	对称配合强制使两个相似的实体相对于零部件的基准面、平面或者装配体的基准面对称	
宽度配合	宽度配合使零部件位于凹槽宽度内的中心	
路径配合	路径配合将零部件上所选的点约束到路径	
线性/线性耦合	线性/线性耦合配合在一个零部件的平移和另一个零部件的平移之间建立几何关系	
距离配合	距离配合允许零部件在距离配合一定数值范围内移动	
角度配合	角度配合允许零部件在角度配合一定数值范围内移动	45°

4. 机械配合

在【机械配合】选项区中提供了 6 种用于机械零部件装配的配合类型，如表 7-2 所示。

表 7-2 6 种机械配合类型的说明及图解

机械配合	说明	图解
齿轮配合	齿轮配合会强迫两个零部件绕所选轴相对旋转。齿轮配合的有效旋转轴包括圆柱面、圆锥面、轴和线性边线	
铰链配合	铰链配合将两个零部件之间的移动限制在一定的旋转范围内。其效果相当于同时添加同心配合和重合配合	
凸轮配合	凸轮推杆配合为一相切或重合配合类型。允许用户将圆柱、基准面或点与一系列相切的拉伸曲面相配合	
齿条小齿轮	通过齿条和小齿轮配合，某个零部件（齿条）的线性平移会引起另一零部件（小齿轮）做圆周旋转，反之亦然	
螺旋配合	螺旋配合将两个零部件约束为同心，还在一个零部件的旋转和另一个零部件的平移之间添加纵倾几何关系	
万向节配合	在万向节配合中，一个零部件（输出轴）绕自身轴的旋转是由另一个零部件（输入轴）绕其轴的旋转驱动的	

5. 【配合】选项区

【配合】选项区包含【配合】属性面板打开时添加的所有配合，或正在编辑的所有配合。当配合列表中有多个配合时，可以选择其中一个进行编辑。

6. 【选项】选项区

【选项】选项区包含用于设置配合的选项，选项含义如下。

- 添加到新文件夹：勾选此复选框后，新的配合会出现在特征管理器设计树的【配合】文件夹中。

● 显示弹出对话：勾选此复选框后，用户添加标准配合时会出现配合文字标签。
● 显示预览：勾选此复选框，在为有效配合选择了足够对象后便会出现配合预览。
● 只用于定位：勾选此复选框，零部件会移至配合指定的位置，但不会将配合添加到特征管理器设计树中。配合会出现在【配合】选项区中，以便用户编辑和放置零部件，但当关闭【配合】属性面板时，不会有任何内容出现在特征管理器设计树中。



7.2.4 零部件的操作

在 SolidWorks 装配过程中，出现相同的多个零部件装配时，应使用【阵列】或【镜像】命令，避免多次插入零部件的重复操作。使用【移动】或【旋转】命令，可以平移或旋转零部件。

1. 零部件的阵列

在装配环境下，SolidWorks 为用户提供了 3 种零部件的阵列类型：圆周零部件阵列、线性零部件阵列和阵列驱动零部件阵列。

（1）圆周零部件阵列

此种阵列类型可以生成零部件的圆周阵列。在【装配体】选项卡的【线性零部件…】下拉菜单中选择【圆周零部件阵列】命令 圆周零部件阵列，属性管理器中显示【圆周阵列】属性面板，如图 7-23 所示。当指定阵列轴、角度和实例数（阵列数）及要阵列的零部件后，就可以生成零部件的圆周阵列，如图 7-24 所示。



图 7-23 【圆周阵列】属性面板

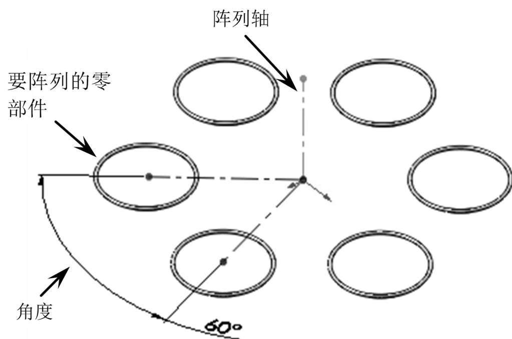


图 7-24 生成圆周零部件阵列

技巧点拨	若要将阵列中的某个零部件跳过，则在激活【要跳过实例】列表后，选择要跳过显示的零部件即可。

（2）线性零部件阵列

此种阵列类型可以生成零部件的线性阵列。在【装配体】选项卡中单击【线性零部件…】按钮 线性零部件阵列，属性管理器中显示【线性阵列】属性面板，如图 7-25 所示。当指定了线性阵列的方向 1、方向 2，以及各方向的间距、实例数之后，即可生成零部件的线性阵列，如图 7-26 所示。



图 7-25　【线性阵列】属性面板

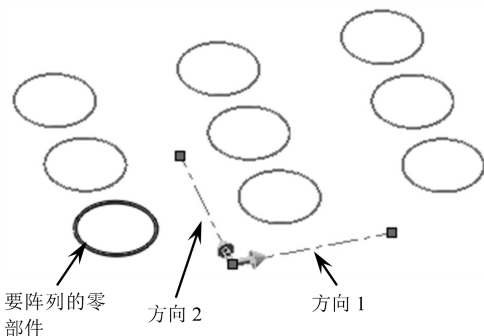


图 7-26　生成线性零部件阵列

（3）阵列驱动零部件阵列

此种类型是根据参考零部件中的特征来驱动的，在装配 Toolbox 标准件时特别有用。

在【装配体】选项卡的【线性零部件…】下拉菜单中选择【阵列驱动零部件阵列】命令 阵列驱动零部件阵列，属性管理器中显示【特征驱动】属性面板，如图 7-27 所示。在下面范例中，当指定了要阵列的零部件、螺钉和驱动特征、孔面后，程序自动计算出孔盖上有多少个相同尺寸的孔，并生成阵列，如图 7-28 所示。



图 7-27　【阵列驱动】属性面板

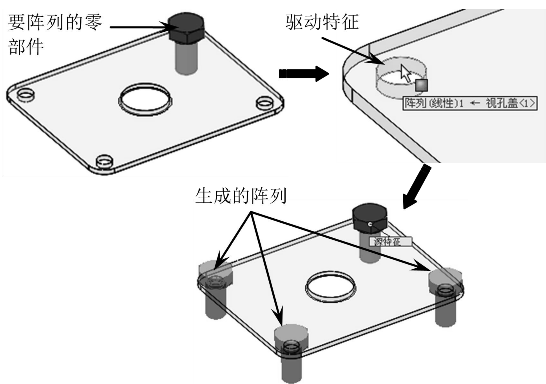


图 7-28　生成阵列驱动零部件阵列

2. 零部件的镜像

当固定的参考零部件为对称结构时，可以使用【零部件的镜像】工具来生成新的零部件。新零部件可以是源零部件的复制版本或是相反方位版本。

复制版本与相反方位版本之间的生成差异如下。

- 复制类型：源零部件的新实例将添加到装配体，不会生成新的文档或配置。复制零

部件的几何体与源零部件完全相同，只有零部件方位不同，如图 7-29 所示。

● 相反方位类型：会生成新的文档或配置。新零部件的几何体是镜像所得的，所以与源零部件不同，如图 7-30 所示。

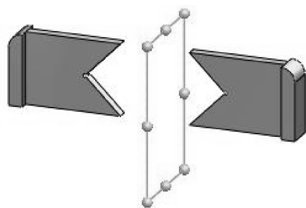


图 7-29　复制类型

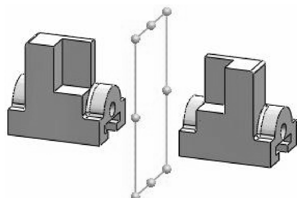


图 7-30　相反方位类型

在【装配体】选项卡的【线性零部件…】下拉菜单中选择【镜像零部件】命令 镜向零部件，属性管理器中显示【镜像零部件】属性面板，如图 7-31 所示。当选择了镜像基准面和要镜像的零部件以后（完成第 1 步骤），在属性面板顶部单击【下一步】按钮，进入第 2 个步骤。在第 2 个步骤中，用户可以为镜像的零部件选择镜像版本和定向方式，如图 7-32所示。

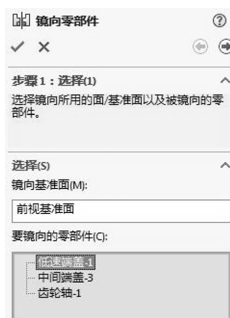


图 7-31　【镜像零部件】属性面板

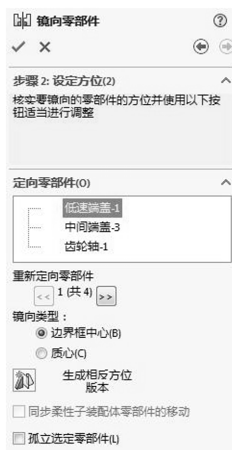


图 7-32　第 2 个步骤

在第 2 个步骤中，复制版本的定向方式有 4 种，如图 7-33 所示。

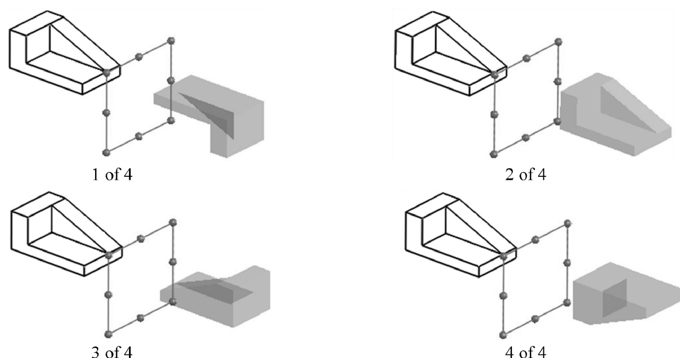


图 7-33　复制版本的 4 种定向方式

相反方位版本的定向仅为一种，如图7-34所示。生成相反方位版本的零部件后，图标⚠会显示在该项目旁边，表示已经生成该项目的一个相反方位版本。

技巧点拨	对于设计库中的Toolbox标准件，镜像零部件操作后的结果只能是复制类型，如图7-35所示。

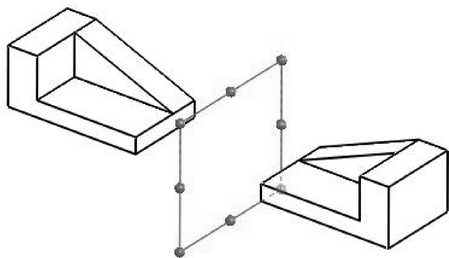


图7-34　相反方位版本的定向

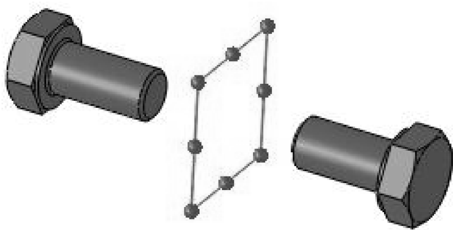


图7-35　Toolbox标准件的镜像

3. 移动和旋转零部件

利用移动零件和旋转零件功能，可以任意移动处于浮动状态的零件。如果该零件被部分约束，则在被约束的自由度方向上是无法运动的。利用此功能，在装配中可以检查哪些零件是被完全约束的。

在【装配体】选项卡中单击【移动零部件】按钮，属性管理器中显示【移动零部件】属性面板，如图7-36所示。【移动零部件】属性面板和【旋转零部件】属性面板的选项设置是相同的。

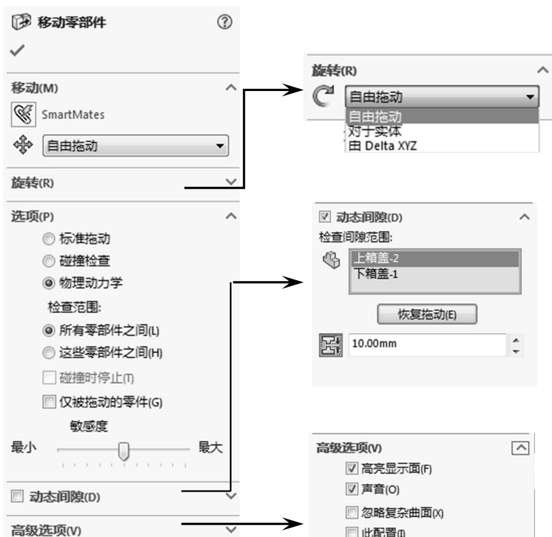


图7-36　【移动零部件】属性面板

【移动零部件】属性面板中各选项区及选项的含义如下。

- SmartMates（智能配合）：此功能可以实现智能装配。单击此按钮，然后在图形区中双击要装配的零部件的配合面（或边、点），该零部件透明显示，接着在固定零部件中选择一个与之相配合的有效面（或边、点），在随后弹出的【配合】选项卡中单击【添加/完成配合】按钮，自动完成装配过程，如图7-37所示。

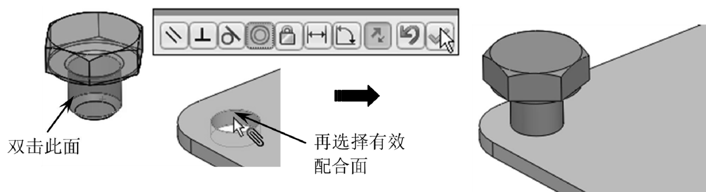


图7-37　使用SmartMates功能

技巧点拨	要使用智能配合功能，无需在移动或旋转零部件操作中进行。用户可以在图形区中按住【Alt】键选择要配合的零部件。

- 移动类型：在移动类型下拉列表中列出了5种类型，包括【自由拖动】、【沿装配体XYZ】、【沿实体】、【由三角形XYZ】和【到XYZ位置】。
- 旋转类型：旋转类型下拉列表中列出了3种旋转类型，包括【自由拖动】、【对于实体】和【由三角形XYZ】。
- 选项：该选项区用于检查设置拖动或旋转零部件时与其他零部件所发生的碰撞。
- 标准拖动：单击此单选按钮，只移动或旋转零部件，不检查碰撞。
- 碰撞检查：单击此单选按钮，将检查碰撞，并显示碰撞检查的选项。
- 物资动力：物资动力是碰撞检查中的一个选项，允许用户以现实的方式查看装配体零部件的移动。
- 所有零部件之间：单击此单选按钮，移动的零部件接触到装配体中任何其他的零部件，会检查出碰撞。
- 这些零部件之间：单击此单选按钮，再选择【零部件供碰撞检查】列表框中的零部件，然后单击【恢复拖动】按钮。如果要移动的零部件接触到所选零部件，会检测出碰撞。与不在选框中的项目的碰撞被忽略。
- 碰撞时停止：单击此单选按钮来停止零部件的运动，以阻止其接触到任何其他实体。
- 动态间隙：该选项区用于在移动或旋转零部件时动态检查零部件之间的间隙。激活【零部件供碰撞检查】列表后，选择要检查的零部件。单击【恢复拖动】按钮以恢复拖动。
- 在指定间隙停止：单击此按钮，然后输入间隙数值，以阻止所选零部件移动到指定距离之内。
- 高级选项：该选项区用于设置移动或旋转零部件时的颜色、声音及碰撞检查的忽略面。



7.2.5 装配建模训练——台虎钳装配

练习文件路径：\上机操作\结果文件\Ch07\钳座.sldprt
演示视频路径：\视频\Ch07\台虎钳.SLDASM

台虎钳是装置在工作台上用以夹稳加工工件的工具。台虎钳主要由两大部分构成：固定钳身和活动钳身。本例中将利用装配体的自下而上的设计方法来装配台虎钳。台虎钳装配体如图7-38所示。

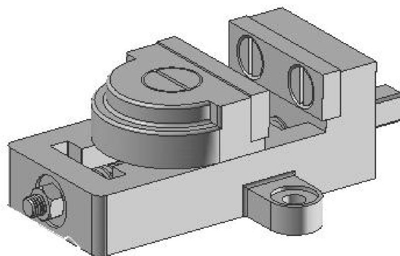


图7-38 台虎钳装配体

1. 装配活动钳身子装配体

01 新建装配体文件，进入装配环境。

02 在属性管理器的【开始装配体】属性面板中单击【浏览】按钮，然后将本例的【活动钳口.sldprt】零部件文件插入到装配环境中，如

图 7-39所示。



图 7-39　将零部件插入到装配环境中

03 在【装配体】选项卡中单击【插入零部件】按钮，属性管理器显示【插入零部件】属性面板。在该属性面板中单击【浏览】按钮，将本例的【钳口板 . sldprt】零部件文件插入到装配工具中并任意放置，如图 7-40 所示。

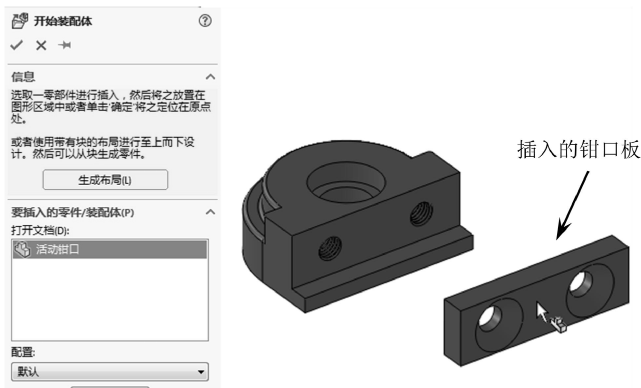


图 7-40　插入钳口板

04 同理，依次将【开槽沉头螺钉 . sldprt】和【开槽圆柱头螺钉 . sldprt】零部件插入到装配环境中，如图 7-41 所示。

05 在【装配体】选项卡中单击【配合】按钮，属性管理器中显示【配合】属性面板。然后在图形区中选择钳口板的孔边线和活动钳口中孔边线作为要配合的实体，如图 7-42 所示。

06 随后钳口板自动与活动钳口孔对齐，并弹出【标准配合】选项卡。在该选项卡中单击【添加/完成配合】按钮，完成【同轴心】配合，如图 7-43 所示。

07 接着在钳口板和活动钳口零部件上各选择一个面作为要配合的实体，随后钳口板自动与活动钳口完成【重合】配合，在【标准配合】选项卡中单击【添加/完成配合】按钮，完成配合，如图 7-44 所示。

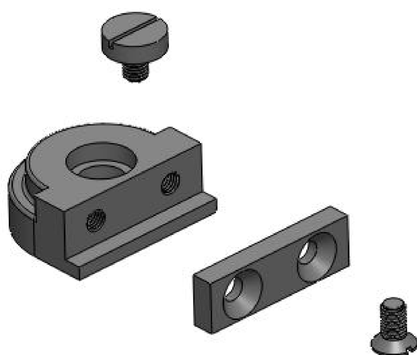


图 7-41 插入零部件

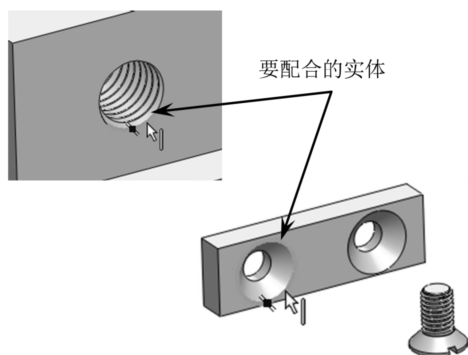


图 7-42 选择要配合的实体

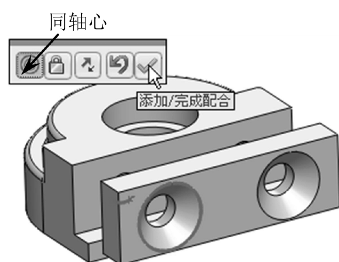


图 7-43 零部件的同轴心配合

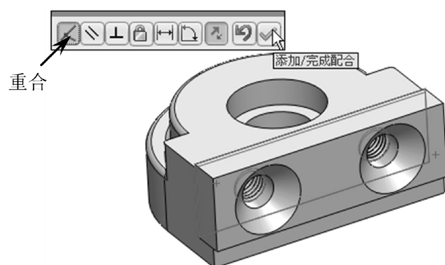


图 7-44 零部件的重合配合

08 选择活动钳口顶部的孔边线与开槽圆柱头螺钉的边线作为要配合的实体，完成【同轴心】配合，如图 7-45 所示。

技巧点拨	一般情况下，有孔的零部件将使用【同轴心】配合与【重合】配合或【对齐】配合。无孔的零部件可用除【同轴心】以外的配合来配合。

09 选择活动钳口顶部的孔台阶面与开槽沉头螺钉的台阶面作为要配合的实体，完成【重合】配合，如图 7-46 所示。

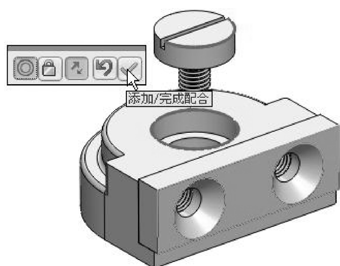


图 7-45 零部件的同轴心配合

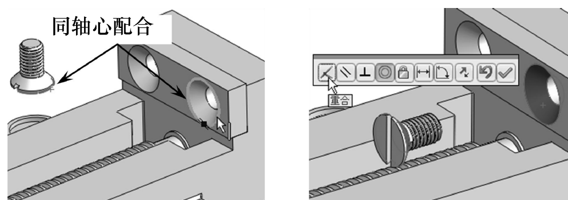
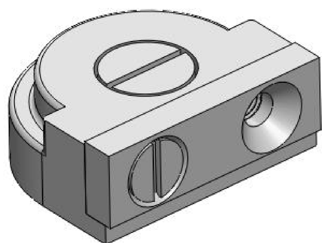
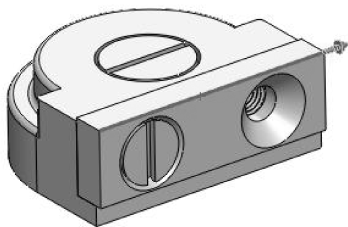


图 7-46 零部件的重合配合

10 同理，对开槽沉头螺钉与活动钳口使用【同轴心】配合和【重合】配合，结果如图 7-47 所示。

11 在【装配体】选项卡中单击【线性零部件阵列】按钮，属性管理器中显示【线性阵列】属性面板。然后在钳口板选择一边线作为阵列参考方向，如图 7-48 所示。


图 7-47　开槽沉头螺钉配合


图 7-48　选择阵列参考方向

12　选择开槽沉头螺钉作为要阵列的零部件，在输入阵列距离及阵列数量后，单击属性面板中的【确定】按钮，完成零部件的阵列，如图 7-49 所示。

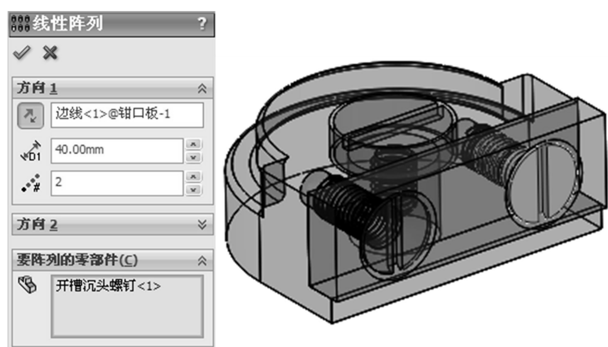


图 7-49　线性阵列开槽沉头螺钉

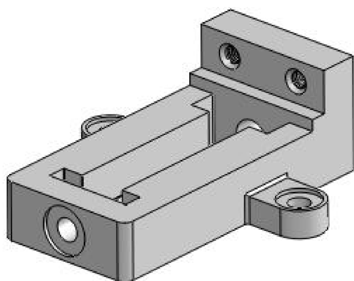
13　至此，活动钳身装配体设计完成，将装配体文件另存为【活动钳身 . SLDASM】，然后关闭窗口。

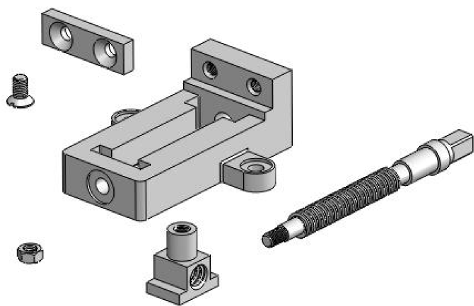
2. 装配固定钳身

01　新建装配体文件，进入装配环境。

02　在属性管理器的【开始装配体】属性面板中单击【浏览】按钮，然后将本例的【钳座 . sldprt】零部件文件插入到装配环境中，以此作为固定零部件，如图 7-50 所示。

03　同理，使用【装配体】选项卡中的【插入零部件】工具执行相同操作，依次将丝杠、钳口板、螺母、方块螺母和开槽沉头螺钉等零部件插入到装配环境中，如图 7-51 所示。


图 7-50　插入固定零部件


图 7-51　插入其他零部件

04 首先装配丝杠到钳身。使用【配合】工具，选择丝杠圆形部分的边线与钳座孔边线作为要配合的实体，使用【同轴心】配合。然后选择丝杠圆形台阶面和钳座孔台阶面作为要配合的实体，使用【重合】配合，配合的结果如图7-52所示。

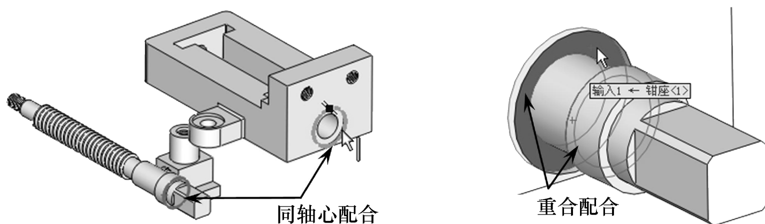


图7-52 配合丝杠与钳座

05 装配螺母到丝杠。螺母与丝杠的配合也将使用【同轴心】配合和【重合】配合，如图7-53所示。

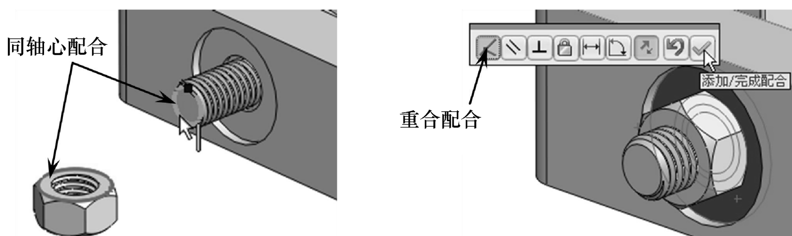


图7-53 配合螺母和丝杠

06 装配钳口板到钳身。装配钳口板时将使用【同轴心】配合和【重合】配合，如图7-54所示。

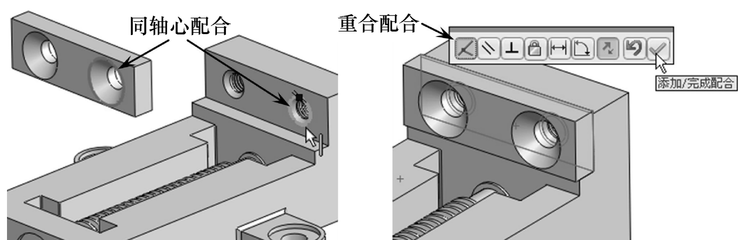


图7-54 配合钳口板与钳身

07 装配开槽沉头螺钉到钳口板。装配钳口板时将使用【同轴心】配合和【重合】配合，如图7-55所示。

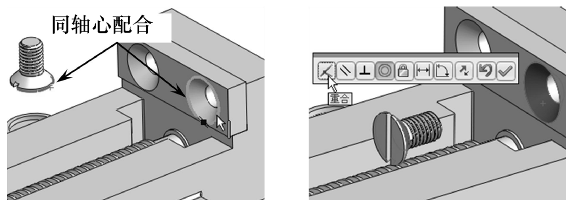


图7-55 配合开槽沉头螺钉与钳口板

08　装配方块螺母到丝杠。装配时方块螺母将会使用【距离】配合和【同轴心】配合。选择方块螺母上的面与钳身面作为要配合的实体后，方块螺母自动与钳身的侧面对齐，如图7-56所示。此时，在【标准配合】选项卡中单击【距离】按钮，然后在距离数值框输入值【70】，再单击【添加/完成配合】按钮，完成距离配合，如图7-57所示。

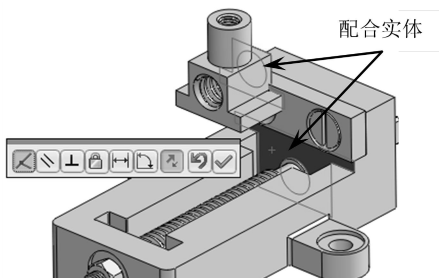


图7-56　对齐方块螺母与钳身

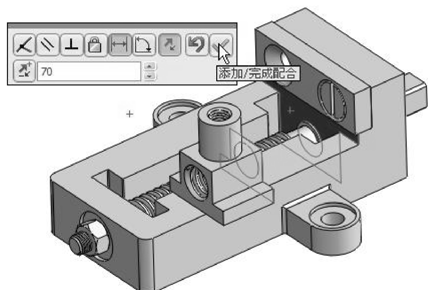


图7-57　完成距离配合

09　接着对方块螺母和钳身使用【同轴心】配合，配合完成的结果如图7-58所示。配合完成后，关闭【配合】属性面板。

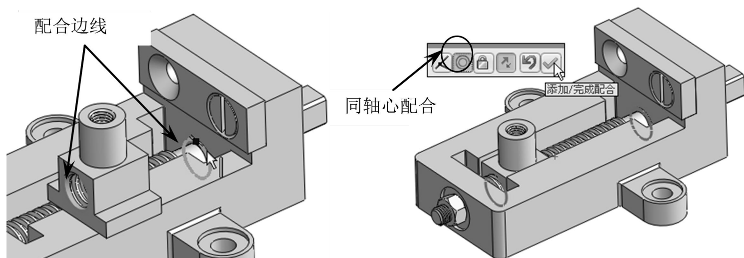


图7-58　配合方块螺母与丝杠

10　使用【线性阵列】工具，阵列开槽沉头螺钉，如图7-59所示。

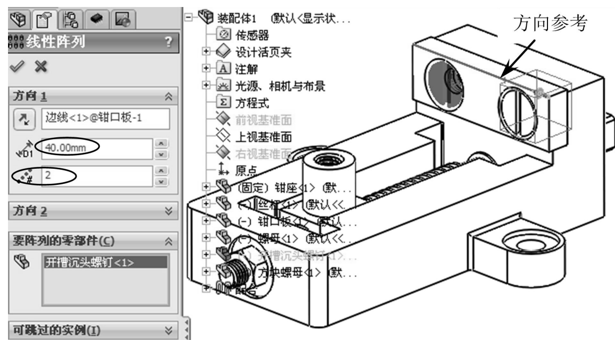


图7-59　线性阵列开槽沉头螺钉

3. 插入子装配体

01　在【装配体】选项卡中单击【插入零部件】按钮，属性管理器显示【插入零部件】属性面板。

02 在属性面板中单击【浏览】按钮，然后在【打开】对话框中将先前另存为【活动钳身】的装配体文件打开，如图7-60所示。



图7-60 打开【活动钳身】装配体文件

技巧点拨	在【打开】对话框中，先将【文件类型】设定为【装配体（＊asm；＊sldasm)】后，才可选择子装配体文件。

03 打开装配体文件后，将其插入到装配环境中并任意放置。

04 添加配合关系，将活动钳身装配到方块螺母上。装配活动钳身时先使用【重合】配合和【角度】配合将活动钳身的方位调整好，如图7-61所示。

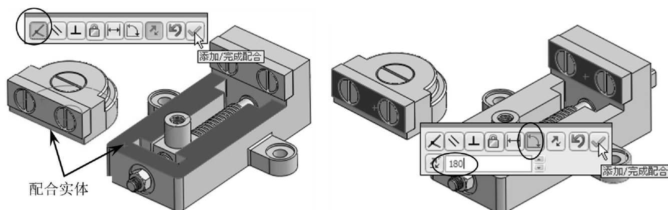


图7-61 使用【重合】配合和【角度】配合定位活动钳身

05 使用【同轴心】配合，使活动钳身与方块螺母完全地同轴配合在一起，如图7-62所示，完成配合后，关闭【配合】属性面板。

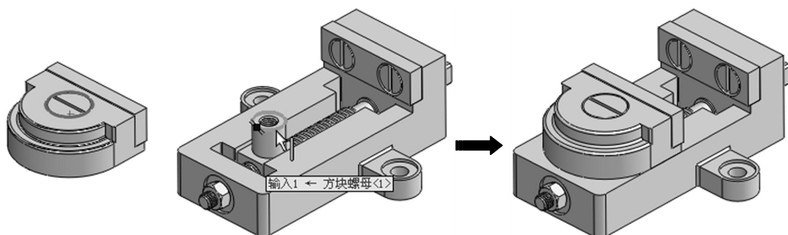


图7-62 使用【同轴心】配合完成活动钳身的装配

06 至此，台虎钳的装配设计工作已全部完成。最后将结果另存为【台虎钳.SLDASM】装配体文件。

7.3 自上而下装配设计

自上而下装配是指在设计过程中，先设计单个零部件，在此基础上进行装配，生成总体设计。这种装配建模需要设计人员交互地给定配合构件之间的配合约束关系，然后由 SolidWorks 系统自动计算构件的转移矩阵，并实现虚拟装配。



7.3.1 自上而下装配设计的含义

自上而下装配的关键技术在于用户是否熟练地掌握了 SolidWorks 的实体建模与曲面建模功能，因为各装配组件是在建模环境下完成设计的。本书前面章节对实体造型和曲面造型进行了详细的描述，因而在本部分将不再重复介绍如何设计装配零部件。



7.3.2 智能扣件

当装配体中含有标准规格尺寸的孔、孔系列或孔阵列时，可以使用【智能扣件】工具向装配体添加 Toolbox 扣件库中的扣件。

Toolbox 扣件库包含了 ISO、GB 及其他国家标准的扣件，如螺纹及螺纹紧固件等，如图 7-63所示。

技巧点拨	要使用 Toolbox 扣件库中的标准件，必须将 SolidWorks Toolbox Browser 插件激活。

在【装配体】选项卡中单击【智能扣件】按钮，属性管理器中显示【智能扣件】属性面板，如图 7-64 所示。



图 7-63　Toolbox 扣件库



图 7-64　【智能扣件】属性面板

如果要手动选择添加扣件的孔，可以激活【选择】选项区中的列表，然后在装配体中依次选择孔，此时【添加】按钮亮显。单击此按钮，程序自动计算孔尺寸，并添加能够配合孔尺寸的扣件。

如果需要自动寻找装配体中的孔，可在属性面板中直接单击【增添所有】按钮，程序自动添加配合所有孔尺寸的扣件。

添加扣件后，【结果】选项区的结果列表中将显示添加的扣件组。选择一个组，可以在随后显示的【系列零部件】选项区和【属性】选项区中编辑扣件参数，如图 7-65 所示。

在【结果】选项区中单击【编辑分组】按钮，可以对添加的组进行编辑。在组文件中用鼠标右键单击【系列】，然后在弹出的快捷菜单中选择命令来编辑扣件组，如图 7-66 所示。



图 7-65 【系列零部件】选项区与【属性】选项区



图 7-66 编辑扣件组的快捷菜单

有些情况下，程序自动添加的智能扣件类型未必符合设计要求，这就需要更改扣件类型。选择【更改扣件类型】命令，可以在弹出的【智能扣件】对话框中重新选择智能扣件的标准和类型，如图 7-67 所示。

用户也可以在图形区中拖动控标来更改扣件的长度，更改之前需要在【系列零部件】选项区中取消勾选【自动更新长度】复选框，如图 7-68 所示。



图 7-67 【智能扣件】对话框

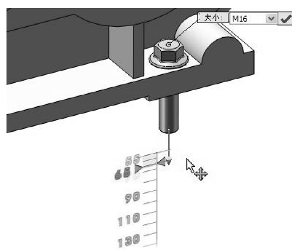


图 7-68 拖动控标以更改扣件长度



7.3.3 智能零部件

在装配环境中，用户可以使用【制作智能零部件】工具，将普通零部件（非 Toolbox 标

准件）创建为智能零部件，以备重复调用。

在【装配体】选项卡中单击【制作智能零部件】按钮（如果没有此工具，可以先调用出来），属性管理器中显示【智能零部件】属性面板，如图 7-69 所示。

【智能零部件】属性面板中各选项区、选项的含义如下。

- 智能零部件：激活该选项区中的列表，选择或取消选择要成为智能零部件的零部件。
- 零部件：激活该选项区中的列表，选择或取消选择与智能零部件相关联的零部件。
- 特征：激活该选项区中的列表，选择在插入关联零部件和特征时需要指定的配合参考。
- 显示（隐藏）零部件：单击此按钮，控制成为智能零部件的显示或隐藏。
- 自动调整大小：该选项区用于设置其余的配合参考。例如，勾选【直径】复选框，需要为插入智能零部件选择同心配合参考。

创建智能零部件后，在特征管理器原零部件文件夹下生成一个【智能特征】文件夹，如图 7-70 所示。



图 7-69　【智能零部件】属性面板

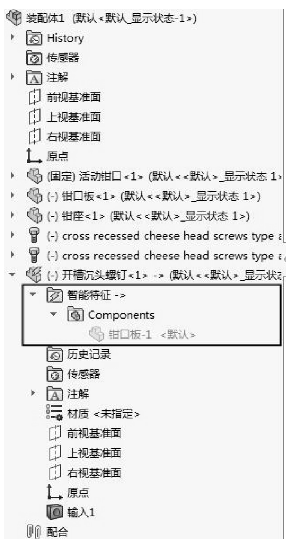


图 7-70　生成【智能特征】文件夹

技巧点拨	用户不能选择 Toolbox 标准件制作为智能零部件的，因为其本身就是智能扣件。



7.3.4　装配体直观

在特征管理器设计树中，由于生成的各种装配文件繁多，操作装配体变得十分困难。为此，SolidWorks 提供了装配体直观功能。使用此功能可以独立操作装配体下各零部件。

在【装配体】选项卡或在【评估】选项卡中单击【装配体直观】按钮，设计树窗格中出现【装配体直观】标签，并显示【装配体直观】属性面板，如图 7-71 所示。

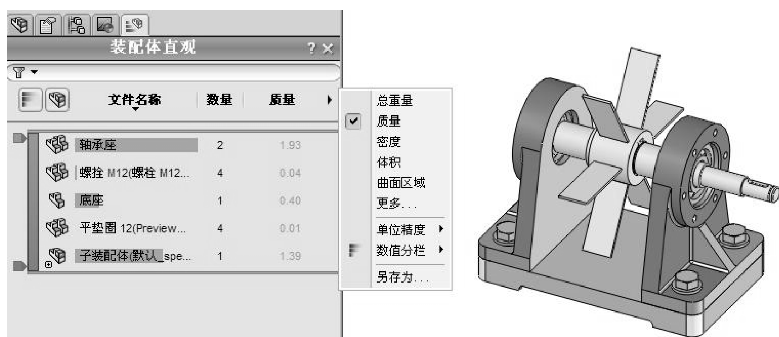


图 7-71 【装配体直观】属性面板

通过该属性面板，可以选择零部件，可以查看数量、质量、总重量、密度等，还可以编辑零部件。拖动【添加滑杆】可以显示或改变零部件的颜色，如图 7-72 所示。

在属性面板中上下拖动【退回控制棒】，在列表或图形区域中隐藏或显示条目，如图 7-73所示。



图 7-72 拖动【添加滑杆】显示颜色

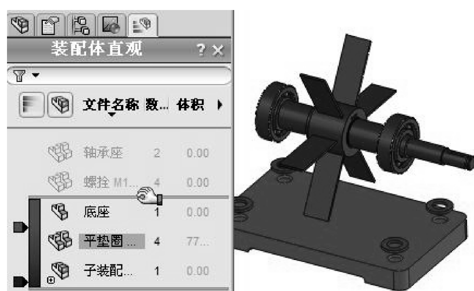


图 7-73 拖动【退回控制棒】显示条目



7.3.5 大型装配体的简化

在实际工程中，结构复杂的产品由大型装配体组成，其中包含了大量的零部件，这就要求对大型装配体进行相应的简化。简化大型装配体可以带来以下优点。

- 减少模型重建的时间，缩短屏幕刷新时间，显著提高模型的显示速度。
- 可以生成简化的装配体视图，其中只包含所需零部件，排除其他不必要的零部件。

为此，SolidWorks 提供了多种简化手段。用户可以通过切换零部件的显示状态和改变零部件的压缩状态来简化复杂的装配体。在装配体中的零部件有以下 4 种状态。

- 还原：零部件的正常显示状态，将零部件所有数据信息调入内存。
- 隐藏：除零部件不在装配体中显示外，其他与还原状态相同。
- 压缩：使零部件在当前装配体中暂时不起作用，模型不显示，数据不可用。
- 轻化：根据需要将零部件的数据信息调入内存，只占用部分内存资源。

1. 零部件显示状态的切换

零部件的显示状态有 3 种，分别为显示、隐藏与透明。通过切换装配体中零部件的显示状态，可以暂时将装配体中一些不必要的零部件隐藏起来，以便于用户专心地处理当

前未被隐藏的零部件。也可将一些零部件设置成透明状，以便用户观察和处理被该零部件遮挡的零部件。这 3 种状态的切换对装配体及零部件本身并没有影响，只是改变显示效果。

2. 零部件压缩状态的切换

根据某段时间内的工作范围，用户可以指定合适的零部件压缩状态。这样可以减少工作时装入和计算的数据量，装配体的显示和重建会更快。零部件的压缩状态有 3 种，分别为压缩、轻化和还原。

（1）压缩

使用压缩状态可以暂时将零部件从装配体中移除（而不是删除）。它不装入内存，不再是装配体中有功能的部分。压缩后用户将无法看到压缩的零部件，也无法选取其实体。

一个压缩的零部件将从内存中移除，所以装入速度、重建模型速度和显示性能均有所提高。由于减小了复杂程度，其余的零部件计算速度会更快。

不过，压缩零部件包含的配合关系也被压缩，因此，装配体中零部件的位置可能变为欠定义。参考压缩零部件的关联特征也可能受影响。当用户恢复压缩的零部件为完全还原状态时，还可能会发生矛盾。所以在生成模型时必须小心使用压缩状态。

在特征管理器设计树或在图形区域中，用鼠标右键单击零部件，在弹出的快捷菜单中选择【压缩】命令，即可将选择的零部件压缩，如图 7-74 所示。

（2）轻化

使用轻化零部件，可以显著提高大型装配体的性能。使用轻化的零件装入装配体，比使用完全还原的零部件装入同一装配体速度更快，因为计算的数据更少，包含轻化零部件的装配体的重建速度将更快。

在特征管理器设计树或在图形区域中，用鼠标右键单击零部件，在弹出的快捷菜单中选择【设定为轻化】命令，即可将选择的零部件轻化，如图 7-75 所示。

（3）还原

还原是装配体零部件的正常状态。完全还原的零部件会完全装入内存，可以使用所有功能并可以完全访问。可以使用它的所有模型数据，所以可选取、参考、编辑，也可在配合中使用它的实体。

在特征管理器设计树或在图形区域中，用鼠标右键单击零部件，在弹出的快捷菜单中选择【设定为还原】命令，即可将压缩状态的零部件还原，如图 7-76 所示。



图 7-74 【压缩】命令



图 7-75 【设定为轻化】命令



图 7-76 【设定为还原】命令

技巧点拨	当用户还原或轻化零部件时，将会在装配体的所有配置中还原或轻化。

3. SpeedPak

SpeedPak 是对大型装配体进行简化的有力工具。简单地说，SpeedPak 功能就是指定大型装配体中的某个子装配体哪些面或实体参加配合，从而只把这些参加配合的面或实体调入内存，内存的使用得以减少。SpeedPak 是在【配置管理器】中创建的。

在配置管理器中，用鼠标右键选择现有配置，并在弹出的快捷菜单中选择【添加 SpeedPak】命令，属性管理器中显示【SpeedPak】属性面板，如图 7-77 所示。

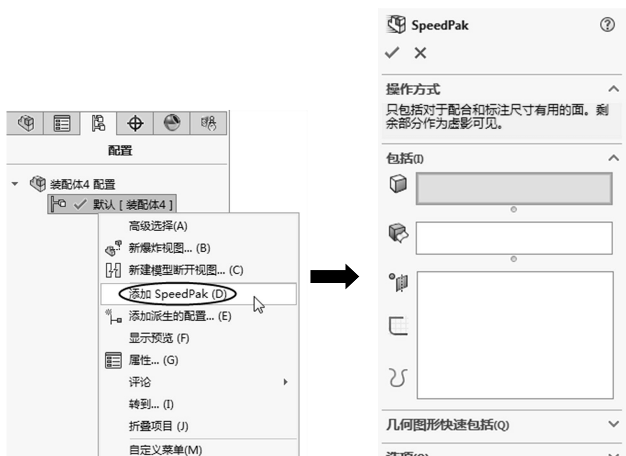


图 7-77 【SpeedPak】属性面板

 7.3.6 爆炸图技术

装配爆炸视图是在装配模型中组件按装配关系偏离原来的位置的拆分图形。爆炸视图便于用户查看装配中的零件及其相互之间的装配关系。装配体的爆炸视图如图 7-78 所示。

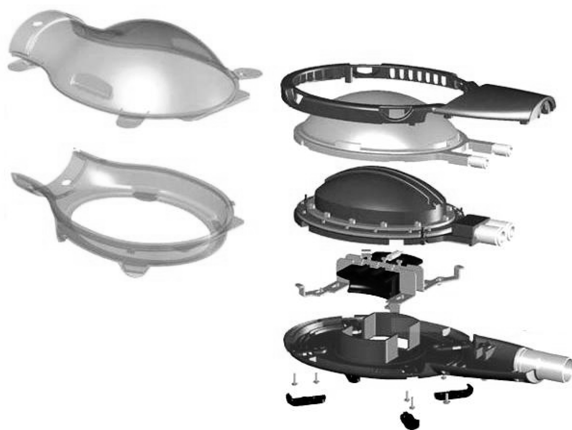


图 7-78 装配体的爆炸视图

1. 生成或编辑爆炸视图

在【装配体】选项卡中单击【爆炸视图】按钮，属性管理器中显示【爆炸】属性面板，如图 7-79 所示。

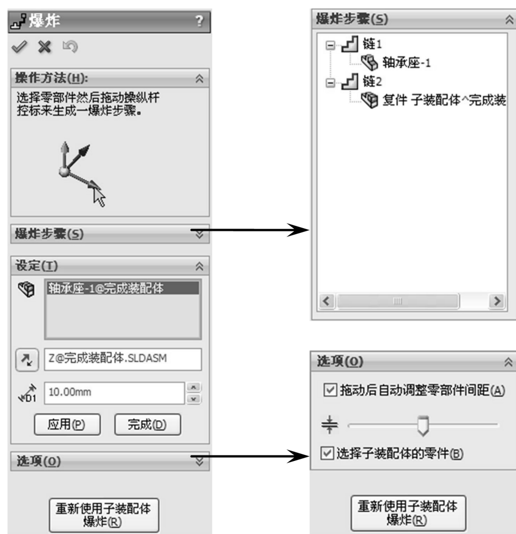


图 7-79 【爆炸】属性面板

【爆炸】属性面板中各选项区及选项含义如下。

- 爆炸步骤：该选项区用于收集爆炸到单一位置的一个或多个所选零部件。要删除爆炸视图，可以删除爆炸步骤中的零部件。
- 设定：该选项区用于设置爆炸视图的参数。
- 爆炸步骤的零部件：激活此列表，在图形区选择要爆炸的零部件，随后图形区将显示三重轴，如图 7-80 所示。

技巧点拨	只有在改变零部件位置的情况下，所选的零部件才会显示在【爆炸步骤】选项区列表中。

- 爆炸方向：显示当前爆炸步骤所选的方向。可以单击【反向】按钮改变方向。
- 爆炸距离：输入数值以设定零部件的移动距离。
- 应用：单击此按钮，可以预览移动后的零部件位置。
- 完成：单击此按钮，保存零部件移动的位置。
- 拖动后自动调整零部件间距：勾选此复选框，将沿轴心自动均匀地分布零部件组的间距。
- 调整零部件链之间的间距：拖动滑块来调整放置的零部件之间的距离。
- 选择子装配体的零件：勾选此复选框，可选择子装配体的单个零部件。反之则选择整个子装配体。
- 重新使用子装配体爆炸：使用先前在所选子装配体中定义的爆炸步骤。

除了在属性面板中设定爆炸参数来生成爆炸视图外，用户可以自由拖动三重轴的轴来改变零部件在装配体中的位置，如图 7-81 所示。

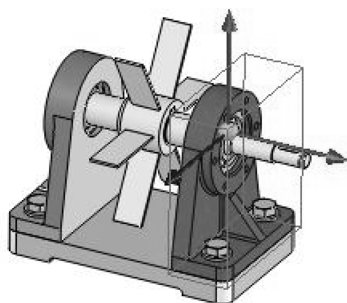


图 7-80　显示三重轴

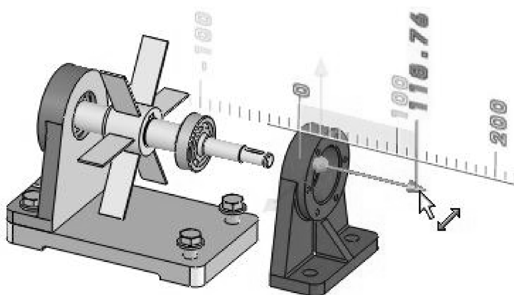


图 7-81　拖动三重轴改变零部件位置

2. 添加爆炸直线

创建爆炸视图以后，可以添加爆炸直线来表达零部件在装配体中所移动的轨迹。在【装配体】选项卡中单击【爆炸直线草图】按钮，属性管理器中显示【步路线】属性面板，并自动进入3D草图模式，弹出【爆炸草图】工具条，如图7-82所示。【步路线】属性面板可以通过在【爆炸草图】选项卡中单击【步路线】按钮来打开或关闭。

在3D草图模式中使用【直线】工具绘制爆炸直线，如图7-83所示。绘制后将以幻影线显示。



图 7-82　【步路线】属性面板和【爆炸草图】工具条

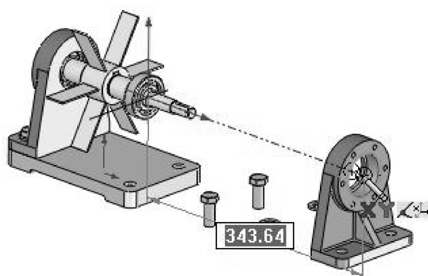


图 7-83　绘制爆炸直线

在【爆炸草图】选项卡中单击【转折线】按钮，然后在图形区中选择爆炸直线并拖动草图线条，将转折线添加到该爆炸直线中，如图7-84所示。

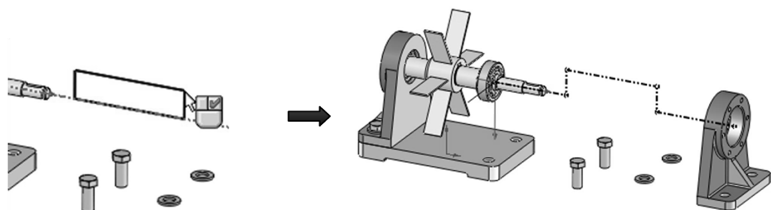


图 7-84　将转折线添加到爆炸直线中

 7.3.7　装配建模训练——活动脚轮装配设计

活动脚轮是工业产品，由固定板、支承架、塑胶轮、轮轴及螺母构成。活动脚轮也就是我们所说的万向轮，它的结构允许360度旋转。

活动脚轮的装配设计的方式是自上而下，即在总装配体结构下，依次构建出各零部件模型。装配设计完成的活动脚轮如图 7-85 所示。

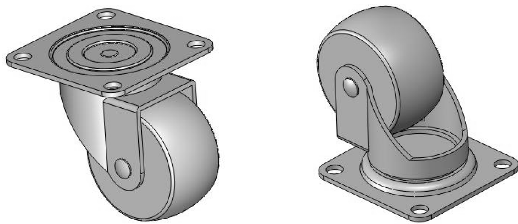


图 7-85 活动脚轮

1. 创建固定板零部件

01 新建装配体文件，进入装配环境，关闭属性管理器中【开始装配体】属性面板。

02 在【装配体】选项卡中单击【插入零部件】命令下方的下三角按钮▼，选择【新零件】命令，随后建立一个新零件文件，在设计树中右击该零件文件并重命名为【固定板】，如图 7-86 所示。

03 激活新零件，并在【装配体】选项卡中单击【编辑装配体】按钮，切换到零件设计环境。

04 在零件设计环境中，使用【拉伸凸台/基体】工具，选择前视基准面作为草绘平面，进入草图模式，绘制如图 7-87 所示的草图。



图 7-86 新建零件文件并重命名

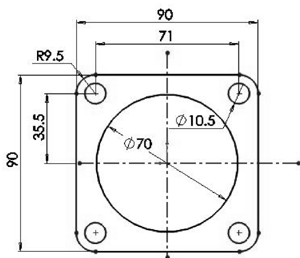


图 7-87 绘制草图

05 在【凸台－拉伸】属性面板中重新选择轮廓草图，设置如图 7-88 所示的拉伸参数后，完成圆形实体的创建。

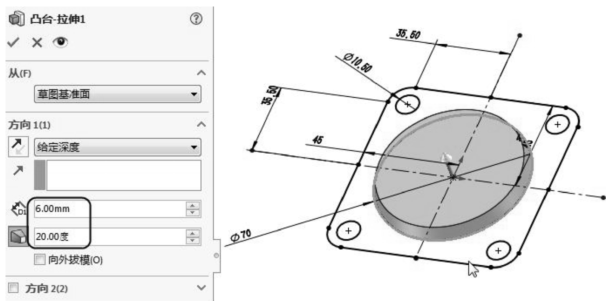


图 7-88 创建圆形实体

06 使用【拉伸凸台/基体】工具，选择余下的草图曲线创建实体特征，如图7-89所示。

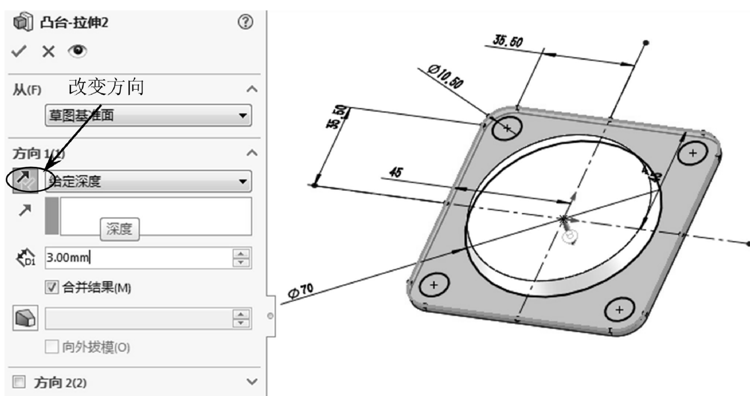


图7-89　创建由其余草图曲线作为轮廓的实体

技巧点拨	创建拉伸实体后，余下的草图曲线即被自动隐藏，此时需要显示草图。

07 使用【旋转切除】工具，选择上视基准面作为草绘平面，然后绘制如图7-90所示的草图。

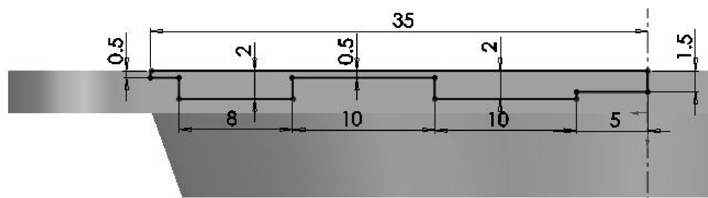


图7-90　绘制旋转实体的草图

08 退出草图模式后，采用默认的旋转切除参数设置，创建切除特征，如图7-91所示。

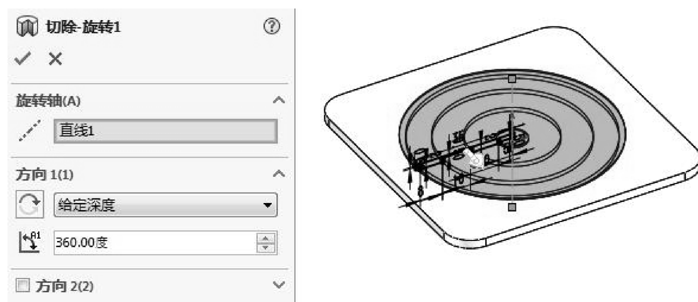


图7-91　创建旋转切除特征

09 使用【圆角】工具，对实体创建半径分别为5、1和0.5的圆角特征，如图7-92所示。

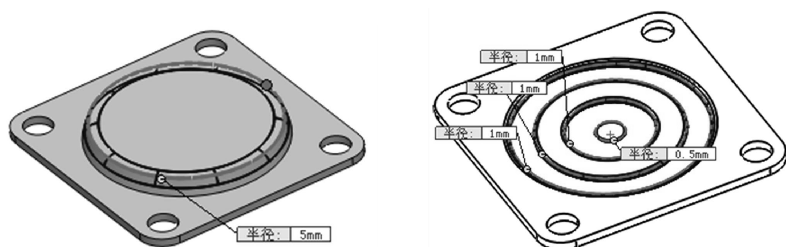


图 7-92　创建圆角特征

10　在选项卡中单击【编辑零部件】按钮，完成固定板零部件的创建。

2. 创建支承架零部件

01　在装配环境中插入第 2 个新零件文件，并重命名为【支承架】。

02　选择支承架零部件，然后单击【编辑零部件】按钮，进入零件设计环境。

03　使用【拉伸凸台/基体】工具，选择固定板零部件的圆形表面作为草绘平面，然后绘制如图 7-93 所示的草图。

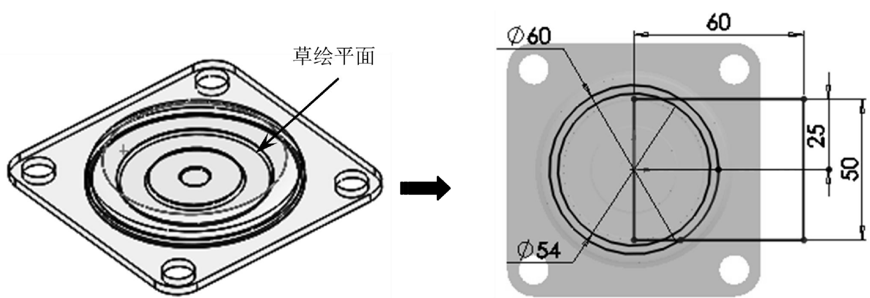


图 7-93　选择草绘平面并绘制草图

04　退出草图模式后，在【凸台 – 拉伸】属性面板中重新选择拉伸轮廓（直径为 54 的圆），并输入拉伸深度为 3，如图 7-94 所示，关闭属性面板，完成拉伸实体的创建。

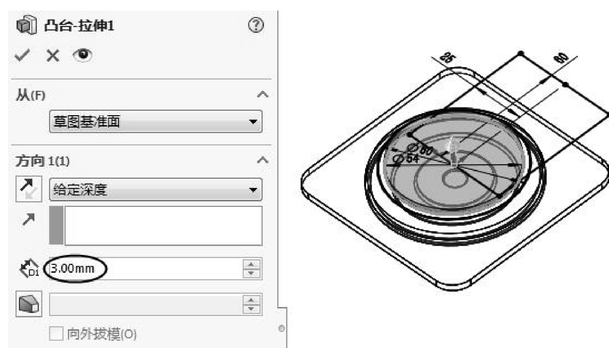
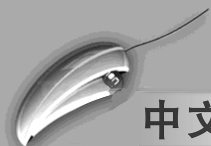


图 7-94　创建拉伸实体

05　使用【拉伸凸台/基体】工具，选择上一个草图中的圆（直径为 60），创建深度为 80 的实体，如图 7-95 所示。



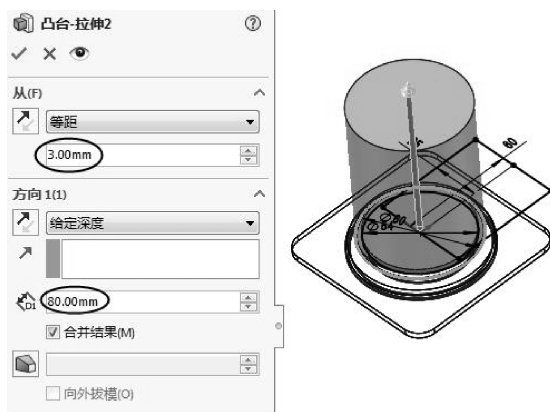


图 7-95　创建圆形实体

06　同理，使用【拉伸凸台/基体】工具创建矩形实体，如图 7-96 所示。

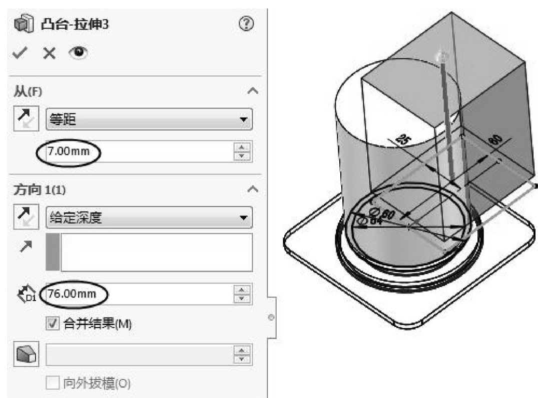


图 7-96　创建矩形实体

07　使用【拉伸切除】工具，选择上视基准面作为草绘平面，绘制轮廓草图后，创建如图 7-97 所示的拉伸切除特征。

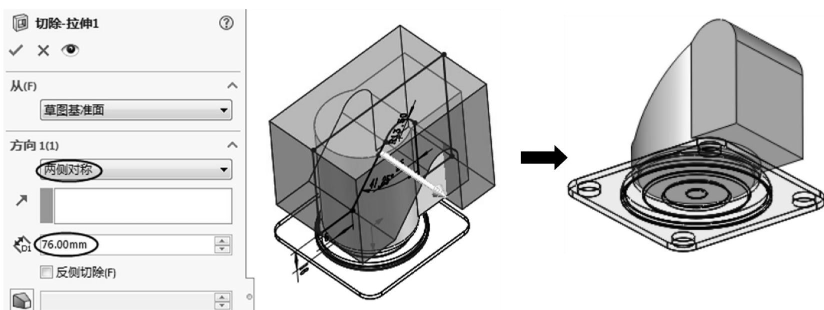


图 7-97　创建拉伸切除特征

08　使用【圆角】工具，在实体中创建半径为 3 的圆角特征，如图 7-98 所示。

09　使用【抽壳】工具，选择如图 7-99 所示的面，创建厚度为 3 的抽壳特征。

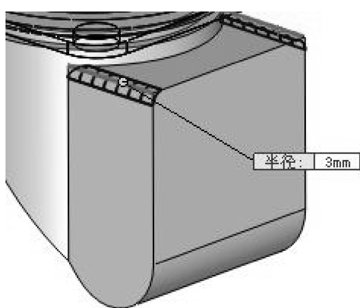


图 7-98　创建圆角特征



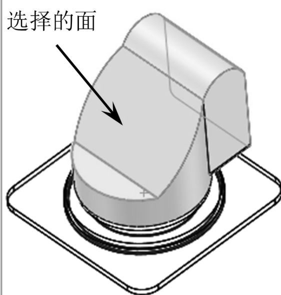


图 7-99　创建抽壳特征

10　创建抽壳特征后，即完成了支承架零部件的创建，如图 7-100 所示。

11　使用【拉伸切除】工具，在上视基准面上创建出支承架的孔，如图 7-101 所示。

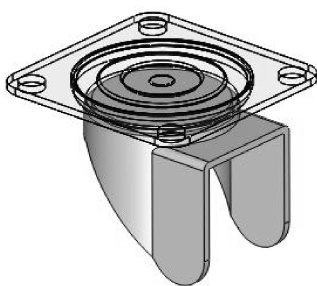


图 7-100　支承架

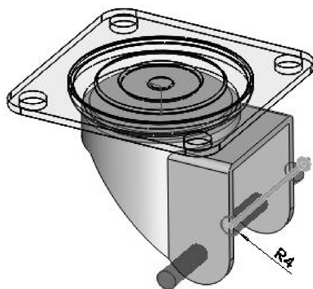


图 7-101　创建支承架上的孔

12　完成支承架零部件的创建后，单击【编辑零部件】按钮，退出零件设计环境。

3. 创建塑胶轮、轮轴及螺帽零部件

01　在装配环境下插入新零件，重命名为【塑胶轮】。

02　编辑【塑胶轮】零件并进入零件设计环境中。使用【点】工具，在支承架的孔中心创建一个点，如图 7-102 所示。

03　使用【基准面】工具，选择右视基准面作为第一参考，选择点作为第二参考，创建一个参考基准面，如图 7-103 所示。

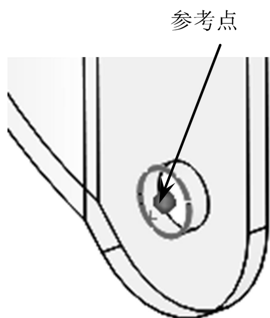


图 7-102　创建参考点



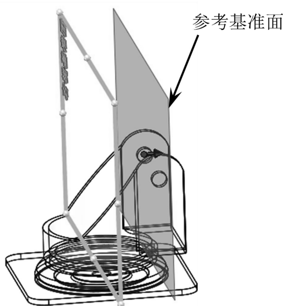
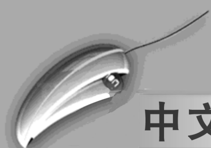


图 7-103　创建参考基准面



技巧点拨	在选择第二参考时，参考点是看不见的。这需要展开图形区中的特征管理器设计树，然后再选择参考点。

04 使用【旋转凸台/基体】工具，选择参考基准面作为草绘平面，绘制如图7-104所示的草图，完成旋转实体的创建。

05 此旋转实体即为塑胶轮零部件。单击【编辑零部件】按钮，退出零部件设计环境。

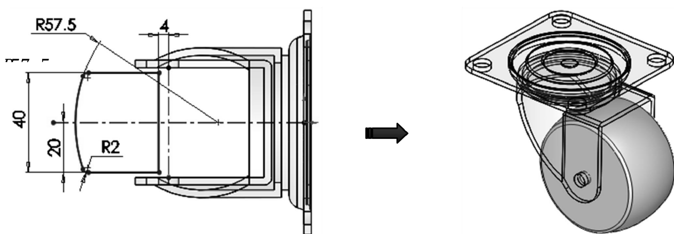


图7-104 创建旋转实体

06 在装配环境下插入新零部件并重命名为【轮轴】。

07 编辑【轮轴】零部件并进入零件设计环境中。使用【旋转凸台/基体】工具，选择【塑胶轮】零部件中的参考基准面作为草绘平面，创建如图7-105所示的旋转实体。此旋转实体即为轮轴零部件。

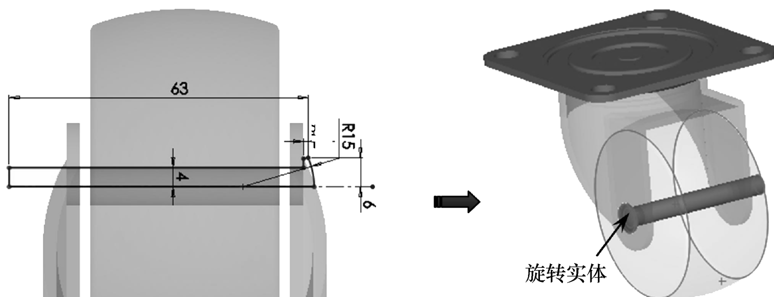


图7-105 创建旋转实体

08 单击【编辑零部件】按钮，退出零件设计环境。

09 在装配环境下插入新零件并重命名为【螺母】。

10 使用【拉伸凸台/基体】工具，选择支承架侧面作为草绘平面，然后绘制如图7-106所示的草图。

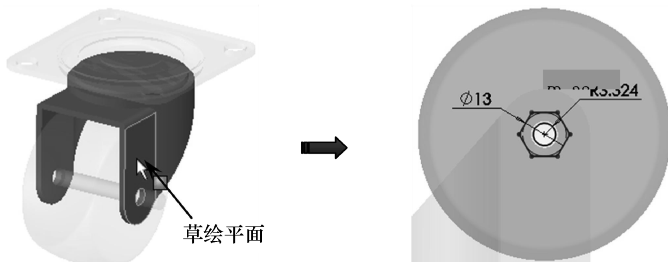


图7-106 选择草绘平面并绘制草图

11 退出草图模式后，创建深度为 7.9 的拉伸实体，如图 7-107 所示。

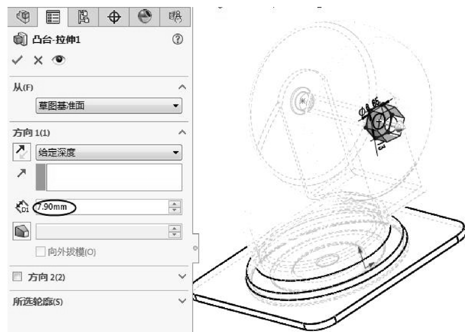


图 7-107 创建拉伸实体

12 使用【旋转切除】工具，选择【塑胶轮】零部件中的参考基准面作为草绘平面，进入草图模式后绘制如图 7-108 所示的草图，退出草图模式后创建出旋转切除特征。

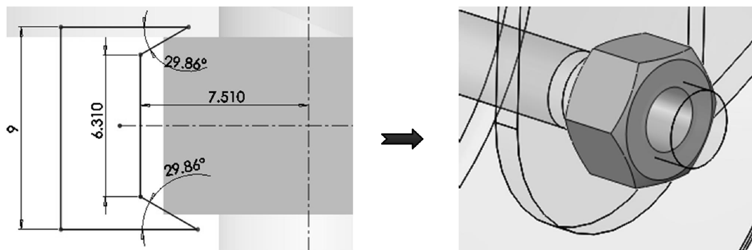


图 7-108 创建旋转切除特征

13 单击【编辑零部件】按钮，退出零部件设计环境。

14 至此，活动脚轮装配体中的所有零部件已全部设计完成。最后将装配体文件保存，并重命名为【脚轮】。

7.4 课后练习

1. 螺钉装配

本练习将利用自上而下的装配设计方法装配螺钉。本练习的螺钉装配体模型如图 7-109 所示。

练习要求与步骤：

（1）新建装配体文件，并进入装配环境。

（2）使用【新零件】工具创建法兰零件文件。然后编辑法兰零部件，并绘制法兰实体。

（3）使用【新零件】工具创建开槽圆柱头螺钉零件文件。然后编辑开槽圆柱头螺钉零部件，并绘制螺钉实体。

（4）使用【线性零部件阵列】工具阵列出其余 3 个开槽圆柱头螺钉。

（5）最后保存结果。

2. 油门电机装配

本练习中，将利用自下而上的装配设计方法装配油门电机。油门电机装配体模型如图 7-110所示。

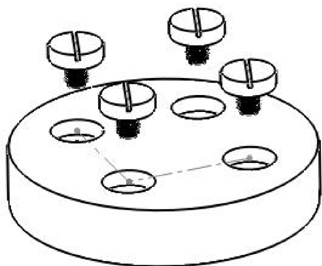


图 7-109　螺钉装配体模型

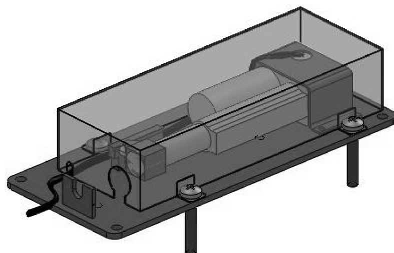


图 7-110　油门电机装配体模型

练习要求与步骤：

（1）新建装配体文件，并进入装配环境。

（2）插入【油门电机下部 . SLDPRT】零部件。

（3）使用【插入零部件】工具将【油门电机上盖 . SLDPRT】和【油压报警开关 . SLDPRT】依次插入。

（4）使用【配合】工具将各零部件装配到【油门电机下部 . SLDPRT】零部件中。

（5）使用【智能扣件】工具插入 Toolbox 扣件（半圆头螺栓）。

（6）使用【新零件】工具，新建命名为【线束】的零件文件。编辑该零部件，然后进入零件设计环境中，创建线束实体。

（7）最后保存装配体。

第 8 章

机构动画与仿真设计



本章导读

利用 SolidWorks 自带插件 Motion，可以制作产品的动画演示，并可做运动分析。动画用连续的图片来表述物体的运动，给人的感觉更直观和清晰。本章主要介绍运动算例、装配体爆炸动画、旋转动画、视像属性动画、距离和角度配合动画以及物理模拟动画。

案例展现

ANLIZHANXIAN

案　例　图	描　　述
	连杆机构常根据其所含构件数目的多少而命名，如四杆机构、五杆机构等。其中平面四杆机构不仅应用特别广泛，而且常是多杆机构的基础
	齿轮机构就是由在圆周上均匀上分布的某种轮廓曲面的齿的轮子组成的传动机构。齿轮机构是各种机械设备中应用最广泛、最多的一种机构，因而是最重要的一种传动机构。比如机床中的主轴箱和进给箱、汽车中的变速箱等部件的动力传递和变速功能，都是由齿轮机构实现的
	凸轮传动通过凸轮与从动件间的接触来传递运动和动力，是一种常见的高副机构，结构简单，只要设计出适当的凸轮轮廓曲线，就可以使从动件实现任何预定的复杂运动

8.1 SolidWorks 运动算例

SolidWorks 将动态装配体运动、物理模拟、动画和 COSMOSMotion 整合到一个易于使用的用户界面。运动算例是对装配体模型运动的动画模拟。可以将诸如光源和相机透视图之类的视觉属性融合到运动算例中。运动算例与配置类似，并不更改装配体模型或其属性。

SolidWorks 运动算例可以生成如下动画种类。

- 旋转零件或装配体模型动画。
- 爆炸装配体动画。
- 解除爆炸动画。
- 视象属性动画：装配体零部件的视象属性包括隐藏和显示、透明度、外观（颜色、纹理）等。
- 【视向及相机视图】动画。
- 应用模拟单元实现动画。



8.1.1 运动算例界面

要从模型生成或编辑运动算例，可单击图形区域左下方的运动算例标签。图形区域被水平分割，模型窗口和动画【运动算例】特征管理器将同时显示在图形区域，顶部区域显示模型，底部区域被分割成三个部分，如图 8-1 所示。

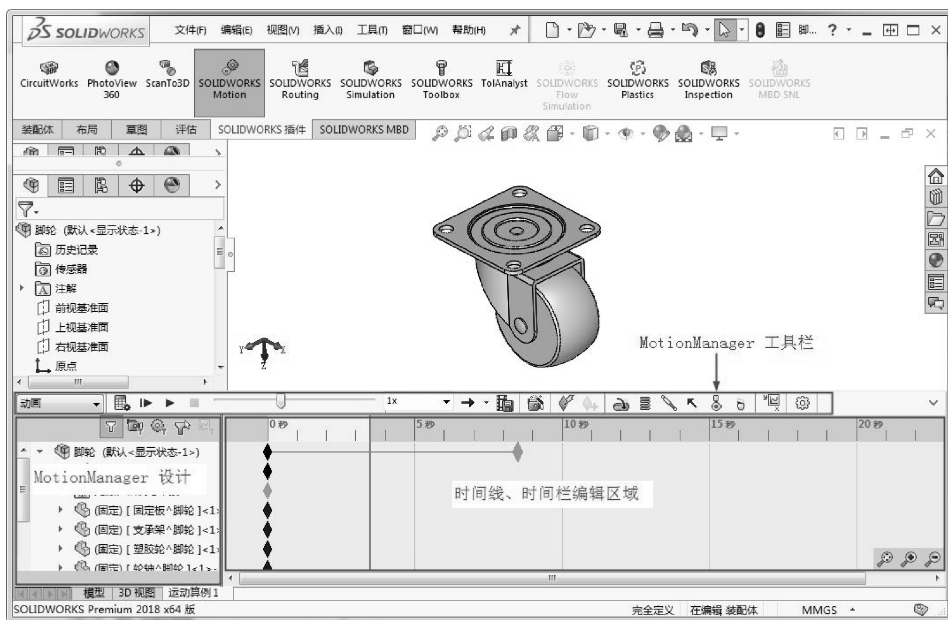


图 8-1　SolidWorks 2018 运动算例界面

技巧点拨	在软件窗口的底部单击【运动算例 1】窗口命令，才会在模型窗口下面显示运动算例界面窗口。

1. MotionManager 工具栏

MotionManager 工具栏中各按钮的功能如下。

- 计算：计算当前模拟。如果模拟被更改，则在再次播放之前，必须重新计算。
- 从头播放：重新设定部件并播放模拟，在计算模拟后使用。
- 播放：从当前时间栏位置播放模拟。
- 停止：停止播放。
- 播放模式：正常：一次性从头到尾播放。
- 播放模式：循环：多次从头到尾连续播放。
- 播放模式：往复：从头到尾播放，然后从尾到头回放，往复播放。
- 保存动画：将动画保存为 AVI 或其他文件类型。
- 动画向导：向导生成简单的动画。
- 自动键码：单击激活此按钮时，自动在当前时间栏为拖动的部件生成键码。再次单击可关闭该选项。
- 添加/更新键码：单击该按钮可以添加新键码或更新现有键码的属性。
- 结果和图解：计算结果并生成图表。
- 运动算例属性：设置运动算例的属性。

在运动算例中使用模拟单元，可以接近实际地模拟装配体中零部件的运动。模拟单元种类有：马达、弹簧、阻尼、力、接触和引力。

2. MotionManager 设计树

在设计树的上端有五个过滤按钮，其功能如下。

- 无过滤：显示所有项。
- 过滤动画：只显示在动画过程中移动或更改的项目。
- 过滤驱动：只显示引发运动或其他更改的项目。
- 过滤选定：只显示选中项。
- 过滤结果：只显示模拟结果项目。

MotionManager 设计树包括如下内容

- 视向及相机视图。
- 光源、相机与布景。
- 出现在 SolidWorks FeatureManager 设计树中的零部件实体。
- 所添加的马达、力或弹簧之类的任何模拟单元。

选择零件时，可以从装配体的设计树、【运动算例】设计树中选择，也可在图形区域直接选择。



8.1.2　时间线与时间栏

1. 时间线

时间线是动画的时间界面，位于 MotionManager 设计树的右方。时间线显示运动算例中动画事件的时间和类型。时间线被竖直网格线均分，这些网格线对应于表示时间的数字标记。数字标记从 00 : 00 : 00 开始，其间距取决于窗口大小和缩放等级。例如，沿时间线可能每隔一秒、两秒或五秒就会有一个标记。其间隔大小可以通过时间线编辑区域右下角的

和🔎按钮来调整。

2. 时间栏

时间线上的纯黑灰色竖直线即为时间栏，表示动画当前的时间。沿时间线拖动时间栏到任意位置或单击时间线上的任意位置（关键点除外），都可以移动时间栏。移动时间栏会更改动画的当前时间并更新模型。时间线和时间栏如图 8-2 所示。

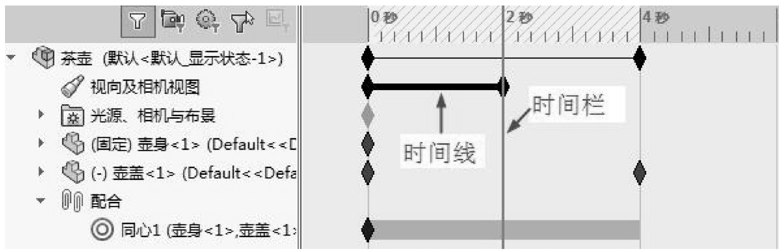


图 8-2　时间线与时间栏



8.1.3　键码点、关键帧、更改栏、选项

SolidWorks 运动算例是基于键码画面（关键点）的动画，先设定装配体在各个时间点的外观，然后 SolidWorks 运动算例应用程序会计算从一个位置移动到下一个位置中间所需的过程。它使用的基本用户界面元素有键码点、时间线、时间栏和更改栏。

1. 键码点与键码属性

时间线上的◆符号，被称为【键码点】。可使用键码点设定动画位置更改的开始、结束或某特定时间的其他特性。无论何时定位一个新的键码点，它都会对应于运动或视象特性的更改。

在任一键码点上移动指针时，零件序号将会显示此键码点时间的键码属性。如果零部件在 MotionManager 设计树中折叠，则所有的键码属性都会包含在零件序号中。键码属性中各项的含义如表 8-1 所示。

表 8-1　键码属性中各项的含义

钳口板<1> 4.600 秒
该键只在 Animation 算例中才受支持。

	键码属性	说明
1. 钳口板<1> 4.600 秒	零部件	MotionManager 设计树中时间线内某点处的零部件【钳口板<1>】
2.	移动零部件	是否移动零部件
3.	分解（X）	爆炸表示某种类型的重新定位
4.	外观	指定应用到零部件的颜色
5.	零部件显示	线架图或上色

可在动画中键码点处定义相机和光源属性。通过在键码点处定义相机位置，生成完整动画。

若要在键码点处设定相机或光源属性，请执行下列操作。

01 在 MotionManager 设计树中右键单击 光源、相机与布景。

02 在弹出的快捷菜单中选择如图 8-3 所示的框选选项。

03 用右键单击相机或光源，然后在 DisplayManager 中设定属性，如图 8-4 所示。



图 8-3　选择快捷菜单选项



图 8-4　设置光源或相机

可设定的属性包括以下几项。

- 目标点
- 相机位置
- 相机类型
- 视野
- 相机旋转
- 视野
- 光源属性（位置、明暗度、圆锥角等）

2. 关键帧

关键帧是两个键码点之间可以为任何时间长度的区域。此定义表示装配体零部件运动或视觉属性更改所发生的时间，如图 8-5 所示。

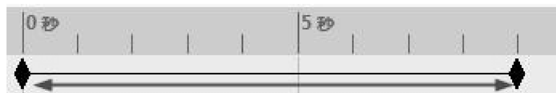


图 8-5　关键帧

3. 更改栏

更改栏是连接键码点的水平栏，表示键码点之间的更改。可以更改的内容包括：动画时间长度、零部件运动、模拟单元属性更改、视图定向（如旋转）、视象属性（如颜色或视图隐藏、显示等）。

对于不同的实体，更改栏使用不同的颜色来直观地识别零部件和类型的更改，除颜色外，还可以通过运动算例设计树中的图标来识别实体。当生成动画时，键码点在时间线上随动画进程增加。水平更改栏以不同颜色显示，以识别动画顺序过程中变更的每个零部件或视觉属性所发生的活动类型，例如，可以使用默认颜色。

- 绿色：驱动运动。
- 黄色：从动运动。
- 橙色：爆炸运动。



8.1.4 算例类型

➢ SolidWorks 提供了如下三种装配体运动模拟。

➢动画：一种简单的运动模拟，忽略零部件的惯性、接触位置、力以及类似的特性。这种模拟很适合用来验证正确的配件。

➢基本运动：将零部件惯性之类的属性考虑在内，能够一定程度地反映真实情况，但这种模拟不会识别外部施加的力。

➢ Motion 运动分析：最高级的运动分析工具，反映了所有必需的分析特性，例如惯性、外力、接触位置、配件摩擦力等。

8.2 创建机构动画

用动画来生成使用插值，以在装配体中指定零件点到点运动的简单动画，也可使用动画将基于马达的动画应用到装配体零部件。



8.2.1 创建基本动画

1. 创建关键帧动画

关键帧动画是最基本的动画。创建方法是：沿时间线拖动时间栏到某一时间关键点，然后移动零部件到目标位置。MotionManager 将零部件从其初始位置移动到指定的位置。

上机操作——制作关键帧动画

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch08 \ 制作关键帧动画. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch08 \ 制作关键帧动画. avi

01 打开本例素材源文件【茶壶 . SLDASM】，如图 8-6 所示。

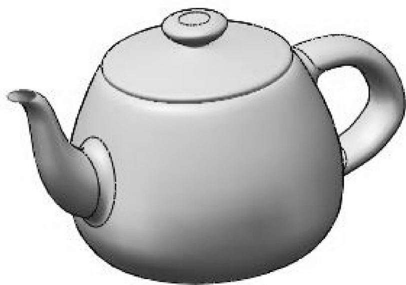


图 8-6 茶壶装配体

02 在 视向及相机视图 时间栏的 0 秒键码点单击右键，然后选择快捷菜单中【替换键码】命令，如图 8-7 所示。



图 8-7　替换键码

03　将键码拖动到 2 秒处，然后在模型窗口中将茶壶的视图旋转，如图 8-8 所示。

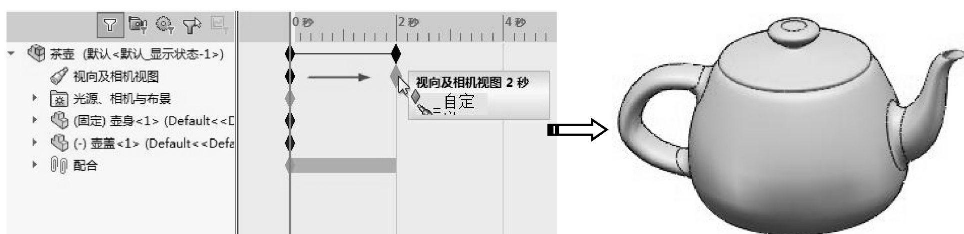


图 8-8　旋转视图并设置动画时间

技巧点拨	也可以在 2 秒的时间线上单击右键，选择【放置键码】命令创建键码点。

04　在 2 秒位置的键码点处单击右键，选择快捷菜单中的【替换键码】命令，完成创建动态旋转的时间线，如图 8-9 所示。

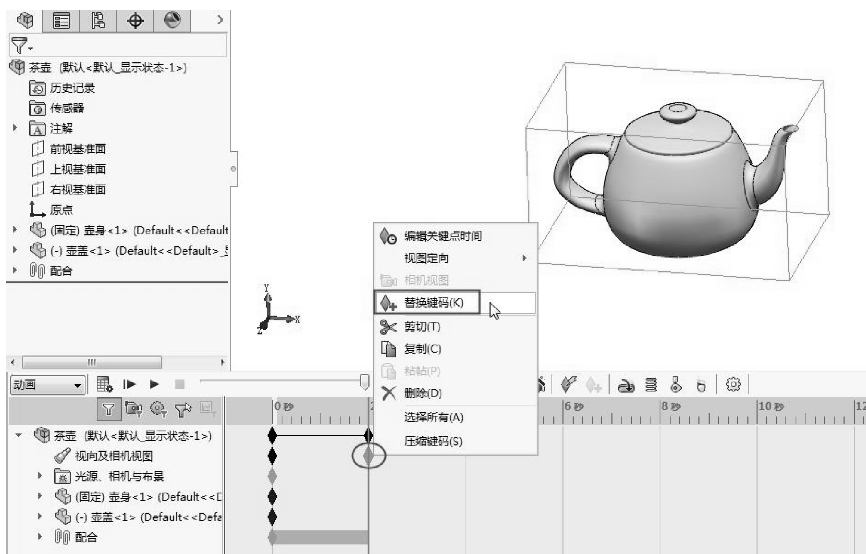


图 8-9　替换键码

05 在 MotionManager 工具栏中单击【计算】按钮，创建动画帧，如图 8-10 所示。



图 8-10　计算并创建动画

06 单击【从头播放】按钮，播放茶壶旋转动画，如图 8-11 所示。

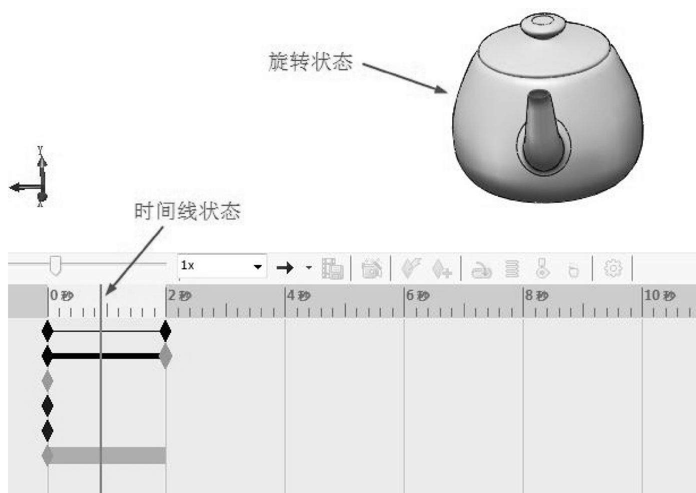


图 8-11　播放动画

07 在 MotionManager 设计树中删除【配合】节点下的【重合 1】约束，如图 8-12 所示。

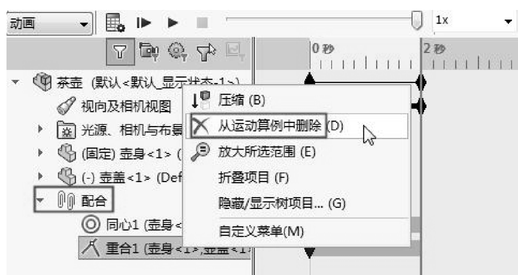


图 8-12　删除重合约束

08 在茶壶壶盖的时间栏上 4 秒位置处放置键码，或者直接将 0 秒处的键码拖动到 4 秒位置，如图 8-13 所示。

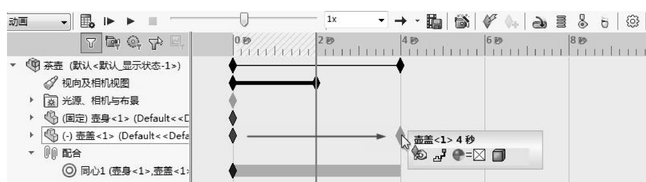


图 8-13　在壶盖时间栏 4 秒处放置键码

09　利用【模型】窗口功能区的【装配体】选项卡的【移动零部件】命令，将壶盖向上移动一定的距离，如图 8-14 所示。

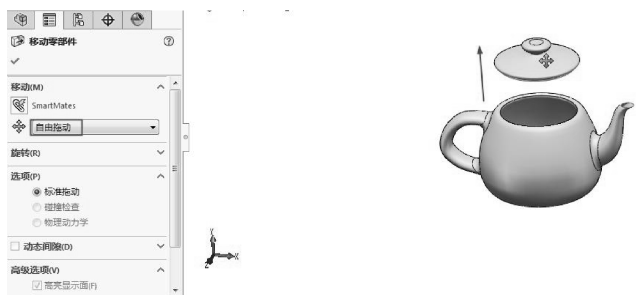


图 8-14　移动壶盖

10　移动后，右键单击 4 秒处的键码点，选择快捷菜单中的【替换键码】命令，创建壶盖的时间线，如图 8-15 所示。

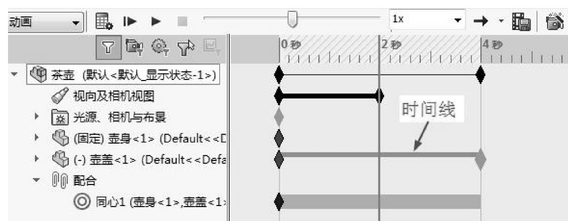


图 8-15　替换键码创建时间线

11　单击【计算】按钮，完成茶壶动画的创建，如图 8-16 所示为茶壶壶盖在动画过程中的状态。

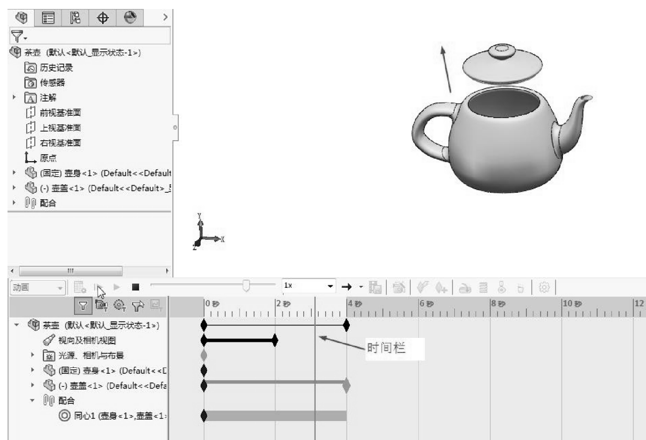


图 8-16　创建动画

2. 创建基于相机的动画

可通过更改相机视图或其他属性在运动算例中生成基于相机的动画。可以使用以下两种方法来生成基于相机的动画。

- 键码点：使用键码点动画相机属性，如位置、景深及光源。
- 相机撬：附加一草图实体到相机，并为相机橇定义运动路径。

使用或不使用相机的动画区别如下。

- 为动画使用相机时，可通过设定相机的视图，生成饶模型移动相机的键码点。通过设定相机视图与移动相机，产生相机绕模型移动的动画。
- 没为动画使用相机时，必须为模型在每个视图方向点处定义键码点。当添加键码点并将视图设定到不同位置时，可生成视图方向饶模型移动的动画。

上机操作——创建相机撬动画

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch08 \ 创建相机撬动画. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch08 \ 创建相机撬动画. avi

01 新建零件文件。

02 选择上视基准面作为草图平面，绘制如图 8-17 所示的草图。

03 使用【拉伸凸台/基体】工具，创建拉伸深度为 15mm 的拉伸凸台，如图 8-18 所示。

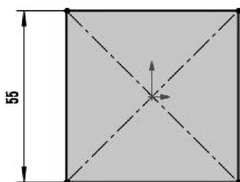
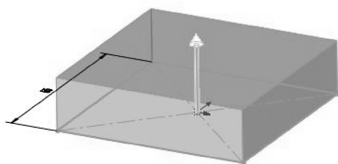


图 8-17　绘制草图


图 8-18　创建拉伸凸台

04 创建凸台后将文件保存并命名为【相机撬】。

05 打开本例素材源文件【轴承装配体 . SLDASM】装配体，如图 8-19 所示。

06 在【装配体】选项卡中单击【插入零部件】按钮，然后通过单击【浏览】按钮将前面保存的【相机撬】零件插入到当前轴承装配体环境中，如图 8-20 所示。

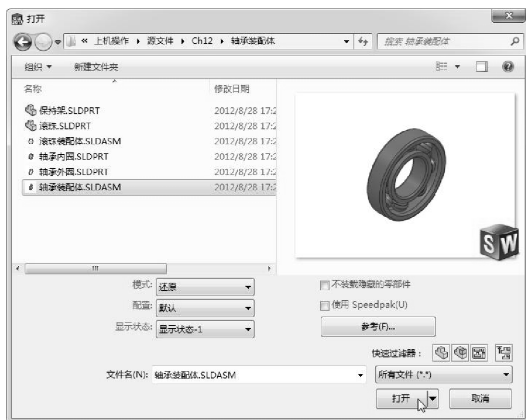


图 8-19　打开装配体文件

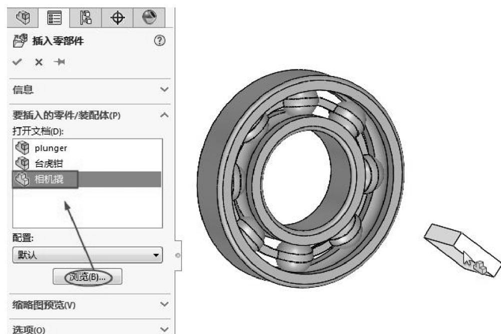


图 8-20　插入零部件

07 使用【配合】工具，对轴承端面与相机撬模型表面进行距离约束，约束的距离为300mm，如图8-21所示。

08 切换到右视图，然后利用【移动零部件】工具，调整相机撬零件的位置，如图8-22所示。

09 保存新的装配体文件为【相机撬–轴承装配体】。

10 在软件窗口底部单击【运动算例1】，展开运动算例界面窗口。然后在MotionManager设计树中右键单击光源、相机与布景，在弹出的快捷菜单中选择【添加相机】命令，如图8-23所示。

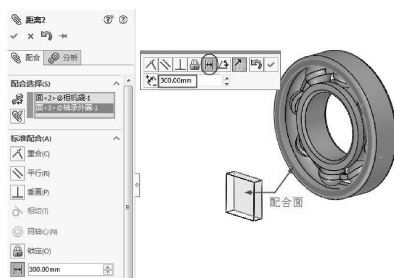


图8-21　添加配合约束



图8-22　移动零部件

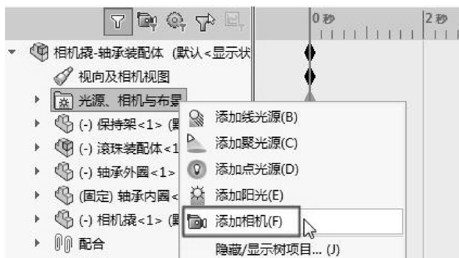


图8-23　添加相机

11 随后窗口中显示模型轴侧视图视口和相机1视口，属性管理器中显示【相机1】属性面板，如图8-24所示。

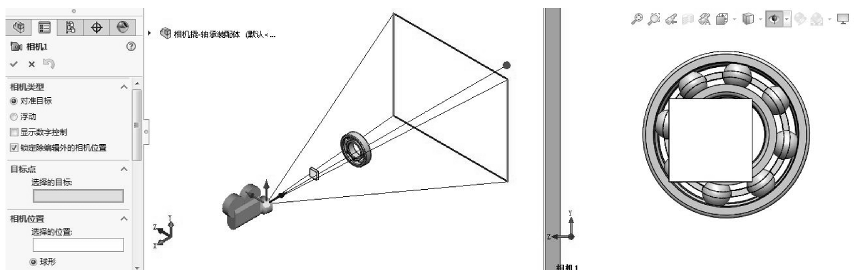


图8-24　显示相机1视口

12 通过【相机1】属性面板，选择相机撬顶面前边线的中点作为目标点，如图8-25所示。

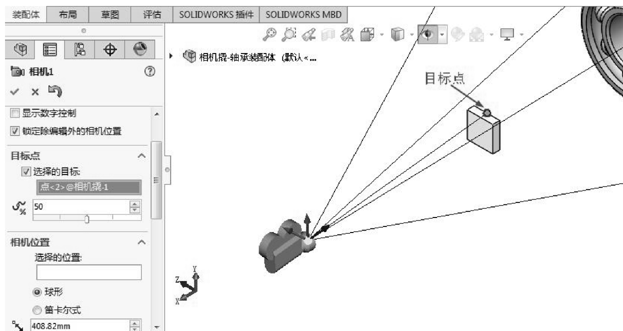


图8-25　设置目标点

13 接着选择相机撬顶面后边线的中点作为相机位置，如图 8-26 所示。

技巧点拨	在【相机 1】属性面板中必须勾选【选择的目标】和【选择的位置】复选框，否则在移动相机视野时相机的位置会产生变动。

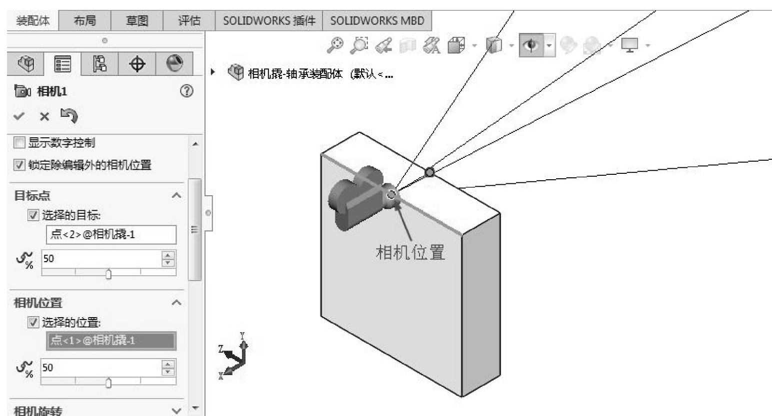


图 8-26　选择相机位置

14 改变相机视口大小，便于相机拍照，如图 8-27 所示。单击【相机 1】属性面板中的【确定】按钮✔。

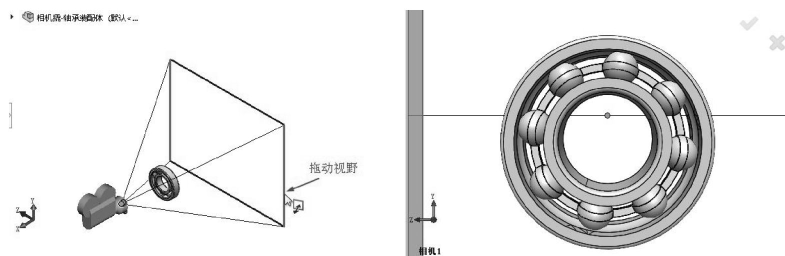


图 8-27　拖动改变相机视口大小

15 设置视图为上视视图，如图 8-28 所示。



图 8-28　上视视图

16 在时间线区域中，在视向及相机视图的 8 秒位置放置键码，如图 8-29 所示。

技巧点拨	放置键码后，视图会发生变化，需再次设置视图为上视图。

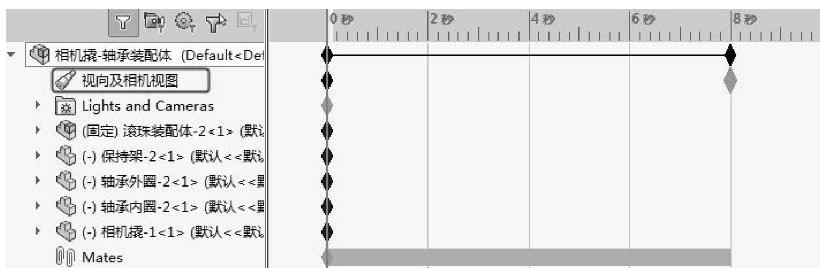


图 8-29　放置键码

17　在 MotionManager 设计树中删除相机撬与轴承之间的距离约束，如图 8-30 所示。

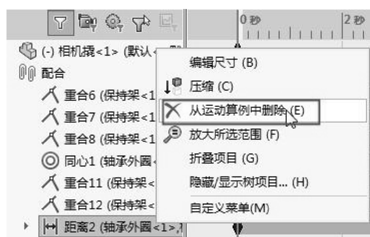


图 8-30　删除距离约束

18　将时间栏移到 8 秒处，如图 8-31 所示。

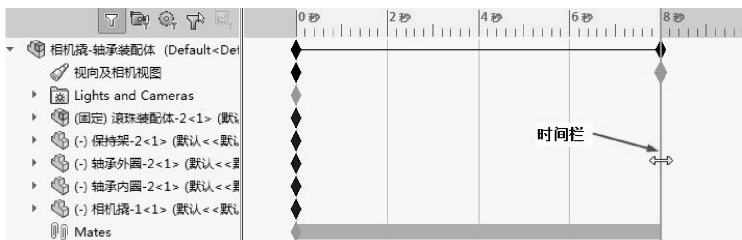


图 8-31　移动时间栏

19　拖动相机撬 0 秒处的键码点到 8 秒处，通过【移动零部件】工具将相机撬模型平移至如图 8-32 所示位置。

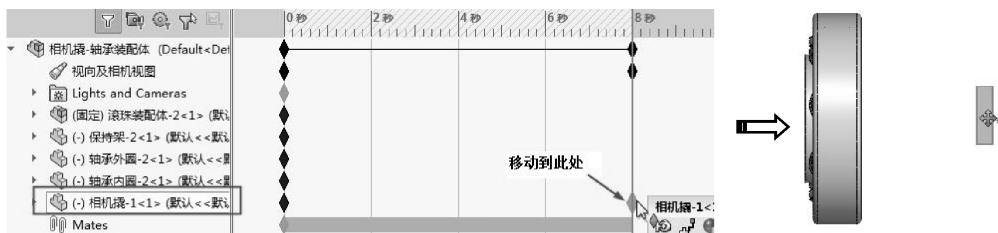


图 8-32　移动相机撬

20　分别在视向及相机视图的 0 秒位置及 8 秒位置处右键单击键码点，选择快捷菜单中的【相机视图】命令，如图 8-33 所示。

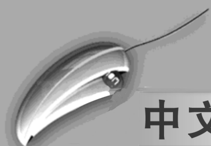




图 8-33　在键码点添加相机视图

21　单击 MotionManager 工具条中的【从头播放】按钮▶，开始播放创建的相机动画，如图 8-34 所示。最后保存动画文件。

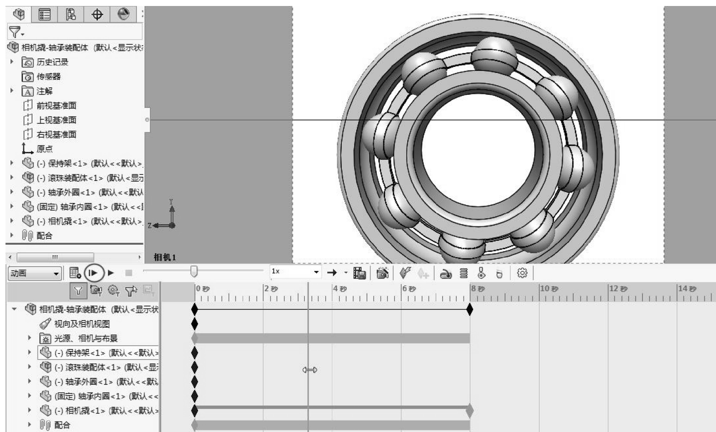


图 8-34　播放相机动画



8.2.2　动画向导

借助于 MotionManager 工具条中的【动画向导】工具，可以创建以下动画。

- 旋转零件或装配体。
- 爆炸或解除爆炸装配体。
- 为动画设定持续时间和开始时间。
- 添加动画到现有运动序列中。
- 将计算过的基本运动或运动分析结果输入到动画中。

下面仅介绍旋转动画、装配爆炸动画的创建过程。



上机操作——创建旋转动画



练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch08 \ 创建旋转动画. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch08 \ 创建旋转动画. avi

01　打开本例素材源文件【摩托车 . Sldprt】，如图 8-35 所示。

02　在状态栏单击【运动算例】标签页，进入运动算例界面，如图 8-36 所示。



图 8-35　摩托车模型

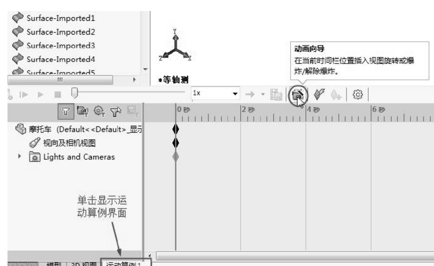


图 8-36　进入运动算例界面

03　在 MotionManager 工具栏中单击【动画向导】按钮，打开【选择动画类型】对话框。在【选择动画类型】对话框中保留默认的【旋转模型】动画类型，单击【下一步】按钮，如图 8-37 所示。

04　在【选择 – 旋转轴】页面中选择【Y – 轴】作为旋转轴，并输入【旋转次数】为 10，其他参数保持不变，单击【下一步】按钮，如图 8-38 所示。



图 8-37　选择动画类型

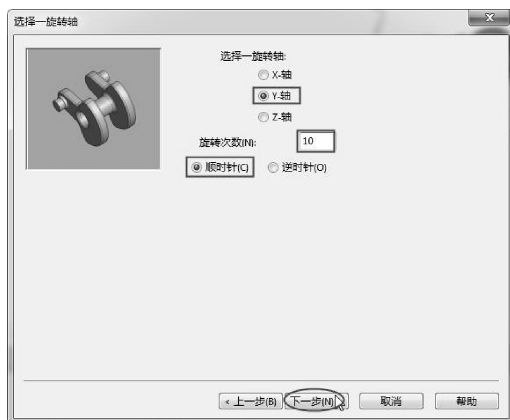


图 8-38　选择旋转轴

05　在【动画控制选项】页面中设置【时间长度】为 60 秒，单击【完成】按钮，完成整个旋转动画的创建，如图 8-39 所示。



图 8-39　设置动画时间

06 在 MotionManager 工具条中单击【从头播放】按钮，播放旋转动画，如图 8-40 所示。

07 将动画输出进行保存，如图 8-41 所示。

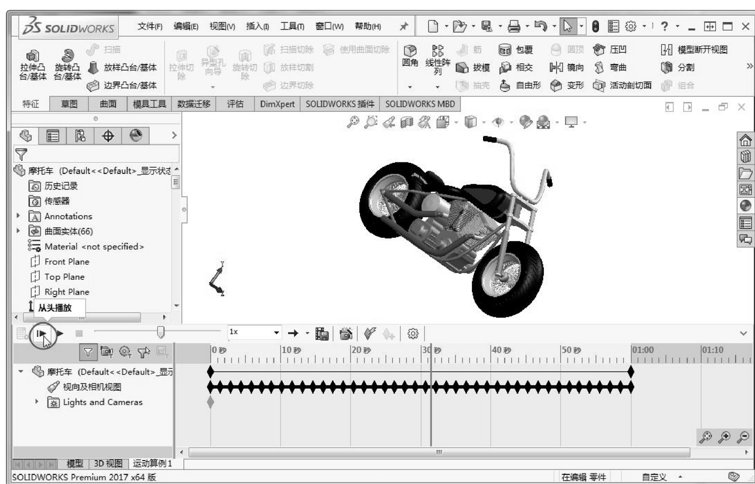


图 8-40 播放动画



图 8-41 保存动画

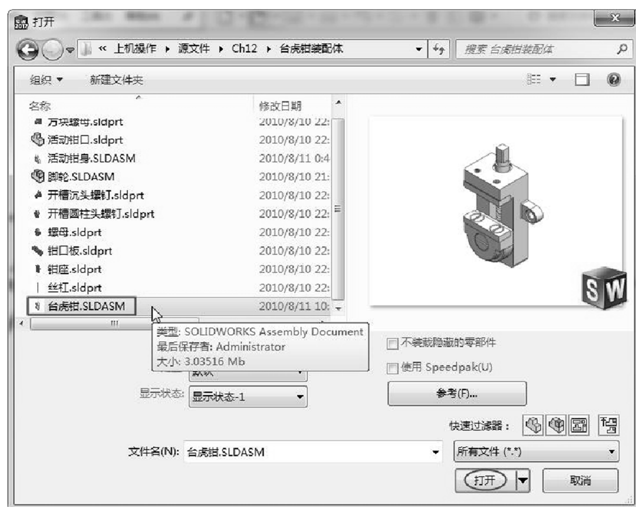
上机操作——创建爆炸动画

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch08 \ 创建爆炸动画. sldprt

演示视频路径：\ 视频 \ Ch08 \ 创建爆炸动画. avi

要想创建装配体的爆炸动画，必须先在装配体环境中制作出装配体爆炸视图。

01 打开本例的素材源文件【台虎钳 . SLDASM】，如图 8-42 所示。



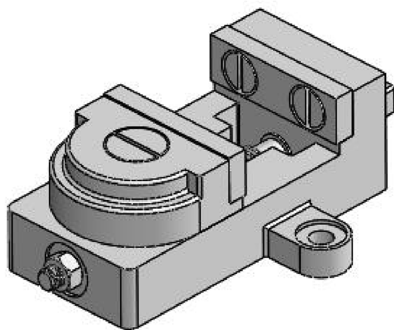


图 8-42 打开台虎钳装配体

02 在【装配体】选项卡中单击【爆炸视图】按钮，然后通过【爆炸】属性面板选择台虎钳装配体中各个零部件在装配体的 XYZ 方向上平移，完成爆炸视图的创建，如图 8-43 所示。

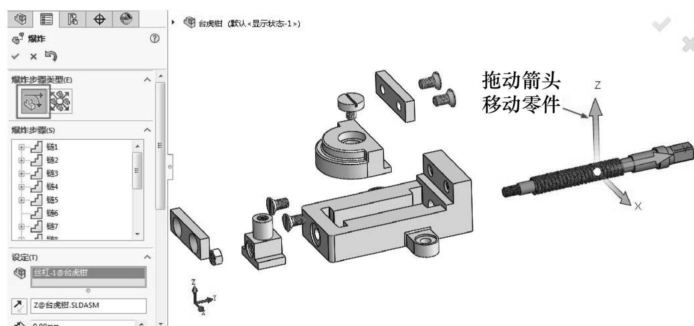


图 8-43　创建爆炸视图

03 在 MotionManager 工具条中单击【动画向导】按钮，打开【选择动画类型】对话框。

04 在【选择动画类型】对话框中选择【爆炸】动画类型，单击【下一步】按钮，如图 8-44 所示。

05 在【动画控制选项】页面中设置【时间长度】为 30 秒，单击【完成】按钮，完成整个爆炸动画的创建，如图 8-45 所示。



图 8-44　选择动画类型



图 8-45　设置动画时间长度

06 在 MotionManager 工具条中单击【从头播放】按钮，播放爆炸动画，如图 8-46 所示。

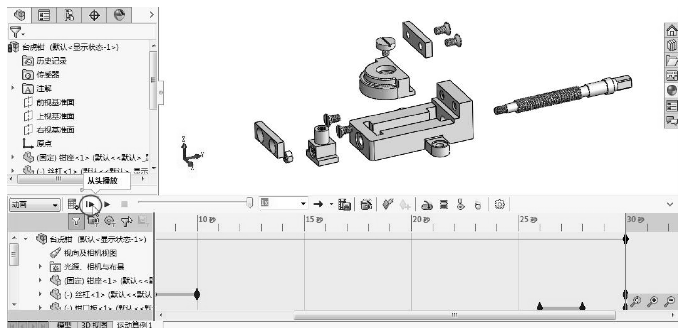


图 8-46　播放爆炸动画

07 将动画输出进行保存。

8.3 基本运动

使用【基本运动】可以生成考虑质量、碰撞或引力的运动的近似模拟。所生成的动画更接近真实的情形，但求得的结果仍然是演示性的，并不能得到详细的数据和图解。在【基本运动】界面可以为模型添加马达、弹簧、接触和引力等，以模拟物理环境。

 8.3.1 四连杆机构运动仿真

连杆机构常根据其所含构件数目的多少而命名，如四杆机构、五杆机构等。其中平面四杆机构不仅应用特别广泛，而且是多杆机构的基础，所以本节将重点讨论平面四杆机构的有关基本知识，并对其进行运动仿真研究。

机构有平面机构与空间机构之分。

- 平面机构：各构件的相对运动平面互相平行（常用的机构大多数为平面机构）。
- 空间机构：至少有两个构件能在三维空间中相对运动。

1. 平面连杆机构

平面连杆机构就是用低副连接而成的平面机构，其特点如下。

- 运动副为低副，面接触。
- 承载能力大。
- 便于润滑，寿命长。
- 几何形状简单——便于加工，成本低。

下面介绍几种常见的连杆机构。

（1）铰链四杆机构

铰链四杆机构是平面四杆机构的基本形式，其他形式的四杆机构均可以看作是此机构的演化。图 8-47 为铰链四杆机构示意图。

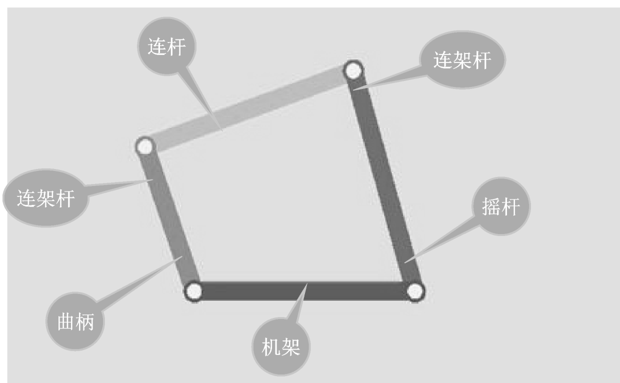


图 8-47 铰链四杆机构

铰链四杆机构根据其两连架杆的不同运动情况，可以分为以下 3 种类型。

- 曲柄摇杆机构：铰链四杆机构的两个连架杆中，若其中一个为曲柄，另一个为摇杆，则称其为曲柄摇杆机构。当以曲柄为原动件时，可将曲柄的连续转动转变为摇杆的往复摆动，如图 8-48 所示。

● 双摇杆机构：若铰链四杆机构中的两个连架杆都是摇杆，则称其为双摇杆机构，如图 8-49 所示。

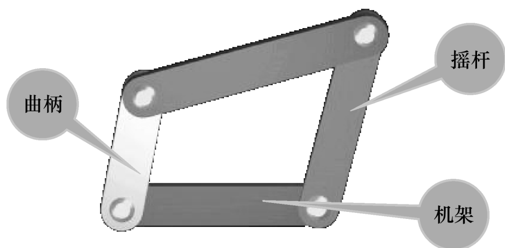


图 8-48 曲柄摇杆机构

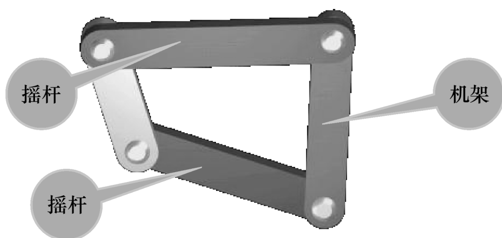


图 8-49 双摇杆机构

技巧点拨

铰链四杆机构中，与机架相连的构件成为曲柄的条件如下。

最短杆长度 + 最长杆长度≤其他两杆长度之和（杆长条件）

机架长度 – 被考察的连架杆长度≥连杆长度 – 另 1 连架杆长度

上述的条件表明，如果铰链四杆机构满足杆长条件，则最短杆两端的转动副均为周转副。此时，若取最短杆为机架，则可得到双曲柄机构；若取最短杆相邻的构件为机架，则得到曲柄摇杆机构；若取最短杆的对边为机架，则得到双摇杆机构。

如果铰链四杆机构不满足杆长条件，则以任意杆为机架得到的都是双摇杆机构。

● 双曲柄机构：若铰链四杆机构中的两个连架杆均为曲柄，则称其为双曲柄机构。在双曲柄机构中，若相对两杆平行且长度相等，则称其为平行四边形机构。它的运动有两个显著特征：一是两曲柄以相同速度同向转动；二是连杆作平动。这两个特性在机械工程上都得到了广泛应用，如图 8-50 所示。

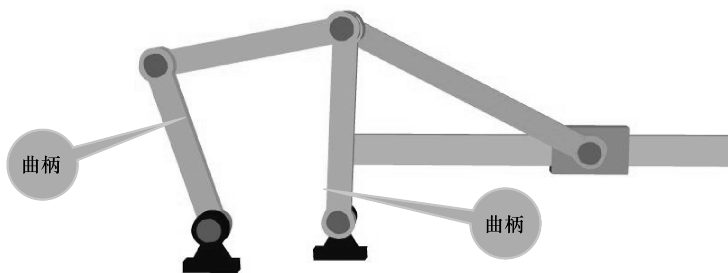


图 8-50 双曲柄机构

（2）其他演变机构

其他由铰链四杆机构演变而来的机构还包括常见的曲柄滑块机构、导杆机构、摇块机构和定块机构、双滑块机构、偏心轮机构、天平机构及牛头刨床机构等。

组成移动副的两活动构件，画成杆状的构件称为导杆，画成块状的构件称为滑块。图 8-51 为曲面滑块机构。

导杆机构、摇块机构和定块机构是在曲柄滑块基础上分别固定不同对象而演变出来的新

机构，如图 8-52 所示。

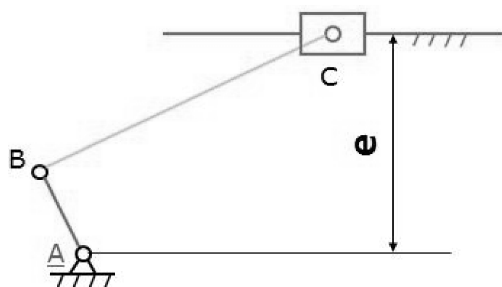


图 8-51 曲面滑块机构

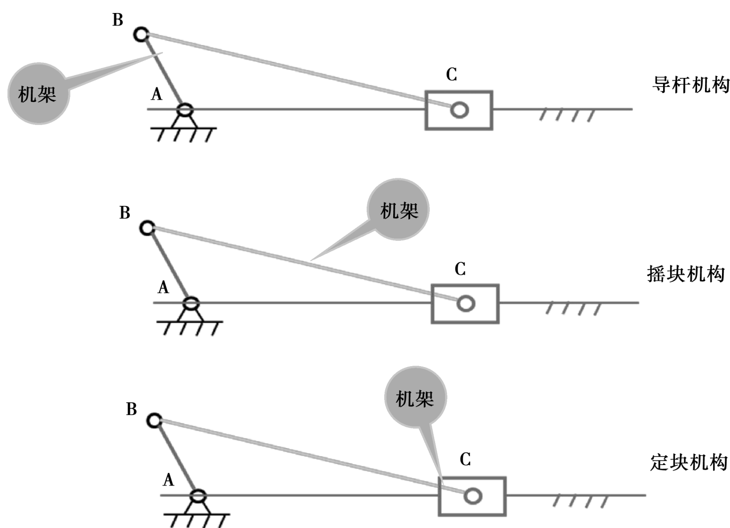


图 8-52 导杆机构、摇块机构和定块机构

2. 空间连杆机构

在连杆机构中，若各构件不都在相互平行的平面内运动，则称其为空间连杆机构。

空间连杆机构从动件的运动可以是空间的任意位置。机构紧凑、运动多样、灵活可靠。

（1）常用运动副

组成空间连杆机构的运动副除转动副 R 和移动副 P 外，还有球面副 S、球销副 S′、圆柱副 C 及螺旋副 H 等。在科学研究和实际应用中，常以机构中所含运动副的代表符号来命名各种空间连杆机构，如图 8-53 所示。

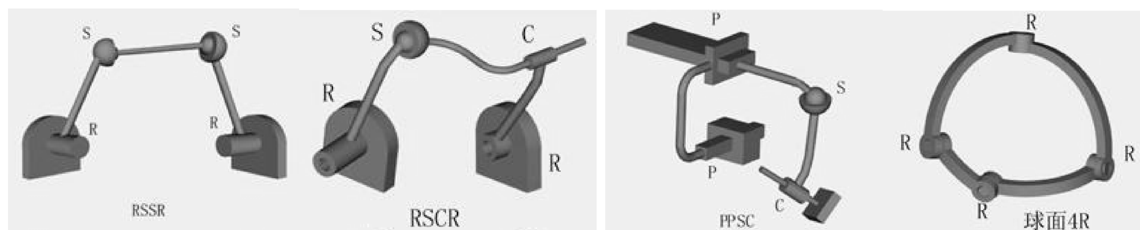


图 8-53 常见运动副

（2）万向联轴节

万向联轴节可传递两相交轴的动力和运动，而且在传动过程中两轴之间的夹角可变。图 8-54 为万向联轴节的结构示意图。

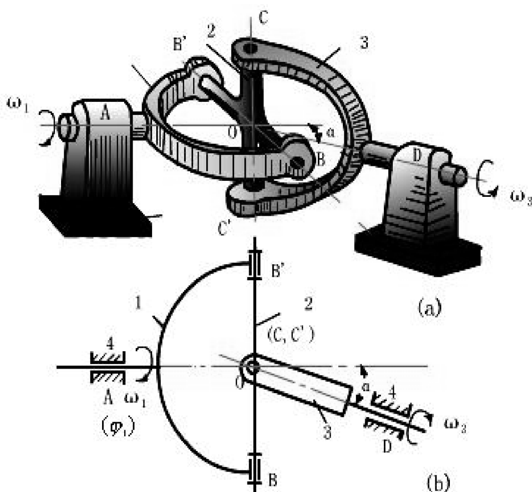


图 8-54 万向联轴节结构示意图

万向联轴节分单向和双向两种。

- 单向万向联轴节：输入输出轴之间的夹角 180－α，特殊的球面四杆机构。主动轴匀速转动，从动轴作变速转动。随着 α 的增大，从动轴的速度波动也增大，在传动中将引起附加的动载荷，使轴产生振动。为消除这一缺点，通常采用双向万向联轴节。
- 双向万向联轴节：1 个中间轴和两个单万向联轴节。中间轴采用滑键连接，允许轴向距离有变动，如图 8-55 所示。

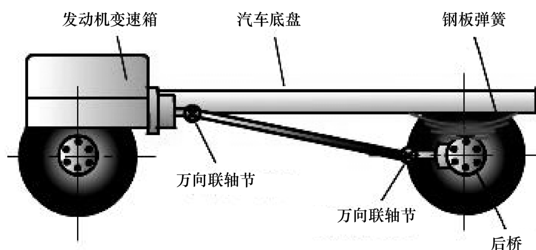


图 8-55 双向万向联轴节

上机操作——连杆机构运动仿真

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch08 \ 连杆机构运动仿真. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch08 \ 连杆机构运动仿真. avi

本例的四连杆机构的建模与装配工作已经完成，下面仅介绍其运动仿真过程。

01 打开本例素材文件【四连杆 . SLDASM】，如图 8-56 所示。

02 在软件窗口底部单击【运动算例 1】标签，打开运动算例界面。

03 在 MotionManager 工具栏运动算例类型列表中选择【基本运动】算例，如图 8-57 所示。

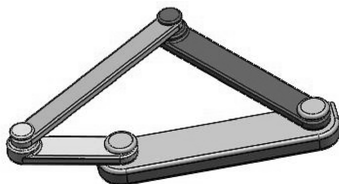


图 8-56 四连杆机构

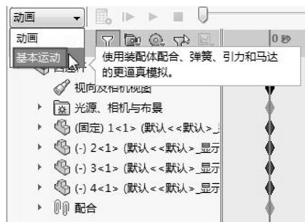
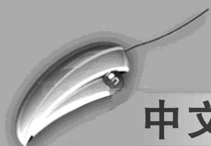


图 8-57 选择基本运动算例



04 拖动键码点到 8 秒位置，如图 8-58 所示。

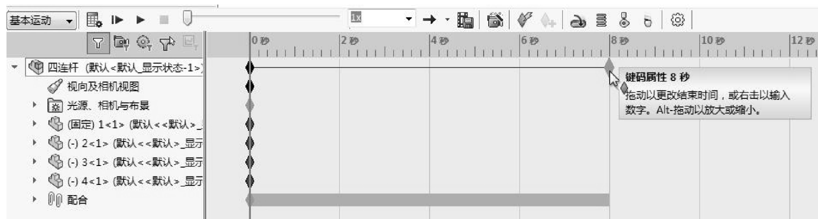


图 8-58 设置键码点

05 在 MotionManager 工具栏单击【马达】按钮，打开【马达】属性面板。选择【旋转马达】马达类型，首先选择马达位置，如图 8-59 所示。

技巧点拨	选择参考可以是边线，也可以是面。放置马达后，注意马达运动的方向箭头，后面的几个马达运动方向必须与此方向一致。

06 接着选择要运动的对象，选择编号为 3 的连杆部件（紫色），如图 8-60 所示。单击属性面板中的【确定】按钮，完成马达的添加。

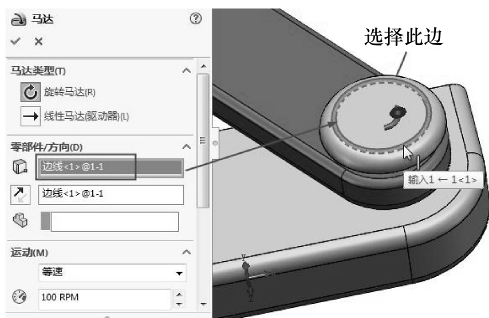


图 8-59 制定马达位置（选择圆形边线）

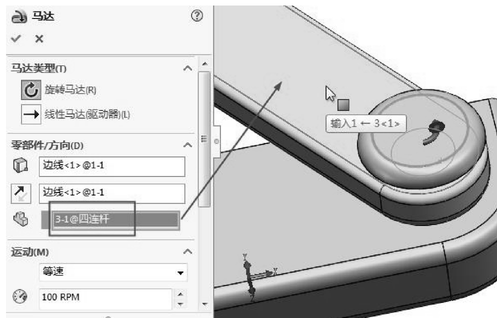


图 8-60 选择要运动的部件

07 同理，创建第 2 个马达（在连杆 3 和连杆 4 之间），如图 8-61 所示。

08 在连杆 1 和连杆 2 之间创建第 3 个马达，如图 8-62 所示。

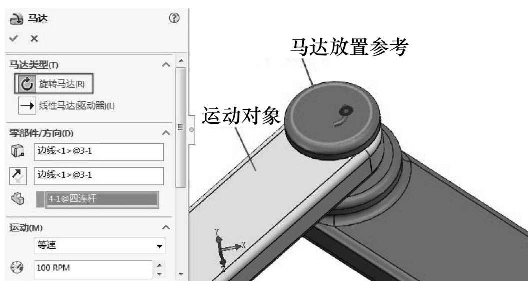


图 8-61 创建第 2 个马达

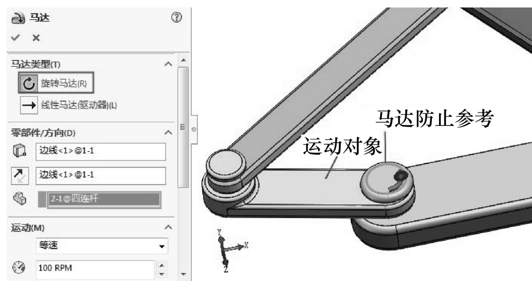


图 8-62 创建第 3 个马达

09 在连杆 2 和连杆 4 之间创建第 4 个马达，如图 8-63 所示。

10 单击【计算】按钮。计算运动算例，完成马达运动动画。单击【从头播放】按钮，播放马达运动仿真动画。如图 8-64 所示。

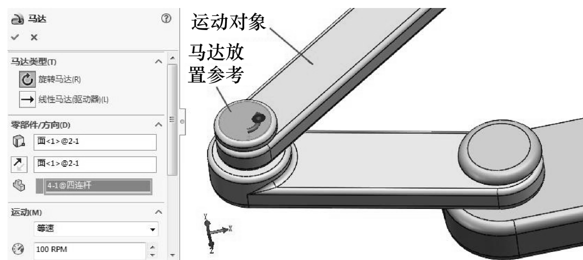


图 8-63　创建第 4 个马达

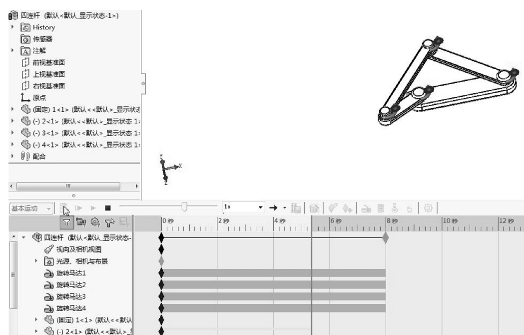


图 8-64　创建并播放动画

技巧点拨	如果添加马达后，发现时间轨上有部分时间红色显示，表示该段时间并没有运动，可以将拖动键码点放回黄色区域，重新计算后，再播放。最后将键码点移动到原时间栏上，再播放即可。



8.3.2　齿轮传动机构仿真

齿轮是用于机器中传递动力、改变旋向和改变转速的传动件。根据两啮合齿轮轴线在空间的相对位置不同，常见的齿轮传动可分为下列三种形式，如图 8-65 所示。其中，图 a 所示的圆柱齿轮用于两平行轴之间的传动；图 b 所示的圆锥齿轮用于垂直相交两轴之间的传动；图 c 所示的蜗杆蜗纶则用于交叉两轴之间的传动。



a)圆柱齿轮　b)圆锥齿轮　c)蜗杆蜗轮

图 8-65　常见齿轮的传动形式

1. 齿轮机构

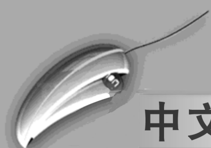
齿轮机构就是由在圆周上均匀上分布着某种轮廓曲面的齿的轮子组成的传动机构。齿轮机构是各种机械设备中应用最广泛、最多的一种机构，因而是最重要的一种传动机构。比如机床中的主轴箱和进给箱、汽车中的变速箱等部件的动力传递和变速功能，都是由齿轮机构实现的。

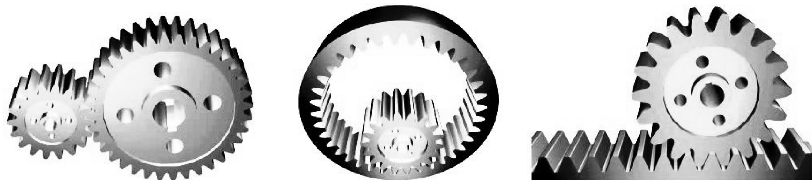
2. 平面齿轮传动

平面齿轮传动形式一般分为以下 3 种：平面直齿轮传动、平面斜齿轮传动和平面人字齿轮传动。其中，平面直齿轮传动又分为 3 种类型，如图 8-66 所示。

➢平面斜齿轮（轮齿与其轴线倾斜一个角度）传动如图 8-67 所示。

➢平面人字齿轮（由两个螺旋角方向相反的斜齿轮组成）传动如图 8-68 所示。





外啮合齿轮传动　　内啮合齿轮传动　　齿轮齿条传动

图 8-66　平面直齿轮传动



图 8-67　平面斜齿轮传动



图 8-68　平面人字齿轮传动

3. 空间齿轮传动

常见的空间齿轮传动包括圆锥齿轮传动、交错轴斜齿轮传动和涡轮蜗杆传动。

➢圆锥齿轮传动（用于两相交轴之间的传动）如图 8-69 所示。

➢交错轴斜齿轮传动（用于传递两交错轴之间的运动）如图 8-70 所示。

➢涡轮蜗杆传动（用于传递两交错轴之间的运动，其两轴的交错角一般为 90°）如图 8-71所示。



图 8-69　圆锥齿轮传动



图 8-70　交错轴斜齿轮传动



图 8-71　涡轮蜗杆传动

上机操作——齿轮减速器机构运动仿真

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch08 \ 齿轮减速器机构运动仿真. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch08 \ 齿轮减速器机构运动仿真. avi

齿轮减速箱的装配工作已经完成，如图 8-72 所示。下面进行仿真操作。

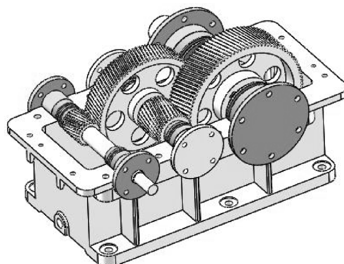


图 8-72　减速器总装配体

01 打开本例素材文件【阀门凸轮机构 . SLDASM】。

02 单击【运动算例 1】标签，打开运动算例界面窗口。

03 在 MotionManager 工具栏运动算例类型列表中选择【基本运动】算例。

04 接下来为凸轮机构添加动力马达。单击【马达】按

钮，打开【马达】属性面板。本例的齿轮减速箱如果是减速制动，那么马达要安装在小齿轮上，如果是提速，则要安装在打齿轮上。

05 首先做加速动画，创建的马达如图 8-73 所示。

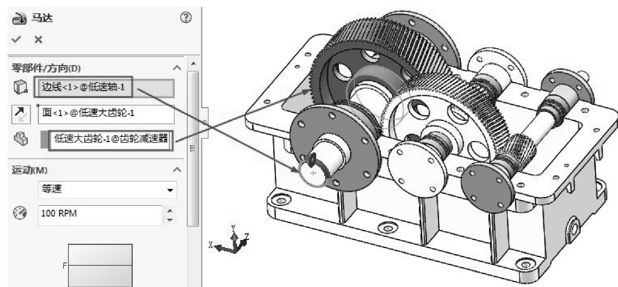


图 8-73　创建加速器的马达

06 单击【计算】按钮。计算运动算例，完成马达加速运动动画。单击【从头播放】按钮，播放加速运动的仿真动画，如图 8-74 所示。

技巧点拨	如果没有设置动画时间，则默认的运动时间为 5s。

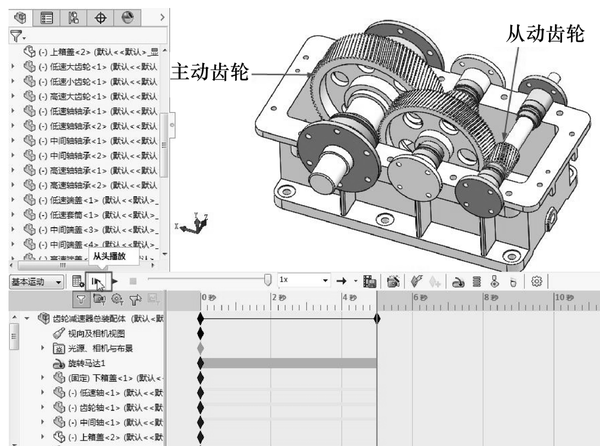


图 8-74　创建加速运动动画并播放

07 单击【保存动画】按钮，保存加速运动的动画仿真视频文件。

08 接下来创建减速运动。在软件窗口底部【运动算例 1】位置单击右键，选择快捷菜单中【生成新运动算例】命令，如图 8-75 所示。

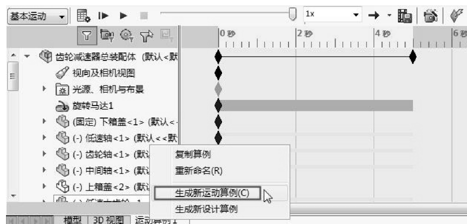


图 8-75　创建新的运动算例

09 打开新的【运动算例 2】界面窗口。单击【马达】按钮，将马达添加到小齿轮上（将小齿轮作为主动齿轮，大齿轮作为从动齿轮），设置运动转速为 3000rpm，如图 8-76 所示。

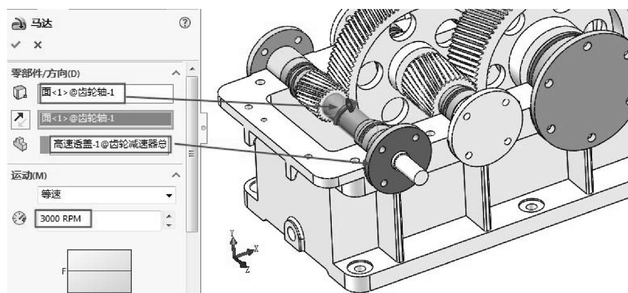


图 8-76　创建减速运动的马达

10 单击【计算】按钮。计算运动算例，完成马达减速运动动画。单击【从头播放】按钮，播放减速运动的仿真动画，如图 8-77 所示。

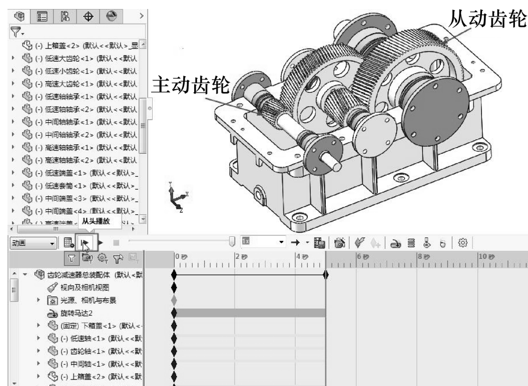


图 8-77　创建减速运动动画并播放

11 单击【保存动画】按钮，保存减速运动的动画仿真视频文件。

8.4　Motion 运动分析

前门我们已经学习了基本动画和基本运动的单项操作，本节将学习 Motion 插件的运动分析。

【Motion 分析】是 SolidWorks Motion 插件的一项功能，也就是说，必须加载 SolidWorks Motion 插件，此功能才可用，如图 8-78 所示。利用【Motion 分析】功能可对装配体进行精确模拟和运动单元的分析（包括力、弹簧、阻尼和摩擦）。【Motion 分析】使用计算能力强大的动力学求解器，在计算中考虑到了材料属性和质量及惯性。还可使用【Motion 分析】来标绘模拟结果，以供进一步分析。用户可根据自己的需要决定使用如下三种算例类型中的哪一种。

- 动画：可生成不考虑质量或引力的演示性动画。
- 基本运动：可生成考虑质量、碰撞或引力且近似实际的演示性模拟动画。

● Motion 分析：考虑到装配体物理特性，该算例是以上三种类型中计算能力最强的。用户对所需运动的物理特性理解得越深，则计算结果越佳。

在【SOLIDWORKS 插件】选项卡中单击【SOLIDWORKS Motion】按钮，启用 Motion 运动分析算例，如图 8-79 所示。

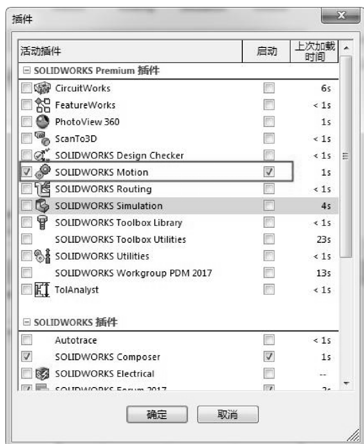


图 8-78　载入插件

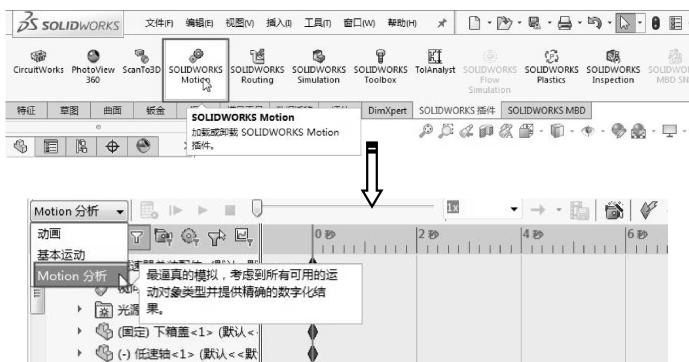


图 8-79　启用 Motion 运动分析算例



8.4.1　凸轮机构运动仿真概述

凸轮传动通过凸轮与从动件间的接触来传递运动和动力，是一种常见的高副机构，结构简单，只要设计出适当的凸轮轮廓曲线，就可以使从动件实现任何预定的复杂运动规律。

图 8-80 为常见的凸轮传动机构示意图。

1. 凸轮机构的组成

凸轮机构是由凸轮、从动件和机架构成的三杆高副机构，如图 8-81 所示。

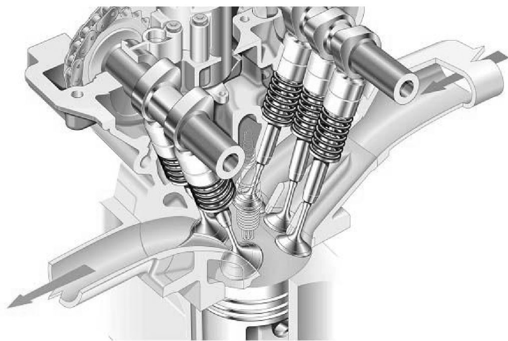


图 8-80　凸轮传动机构

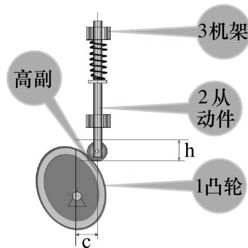


图 8-81　凸轮的组成

2. 凸轮机构的分类

凸轮机构的分类方法大致有 4 种。

（1）按从动件的运动分类

凸轮机构按从动件的运动进行分类，可以分为直动从动件凸轮机构和摆动从动件凹槽凸轮机构，如图 8-82 所示。



图 8-82　按从动件的运动进行分类的凸轮机构

（2）按从动件的形状分类

凸轮机构按从动件的形状进行分类，可分为滚子从动件凸轮机构、尖顶从动件凸轮机构和平底从动件凸轮机构，如图 8-83 所示。



图 8-83　按从动件的形状进行分类的凸轮机构

（3）按凸轮的形状分类

凸轮机构按其形状可以分为盘形凸轮机构、移动（板状）凸轮机构、圆柱凸轮机构和圆锥凸轮机构，如图 8-84 所示。

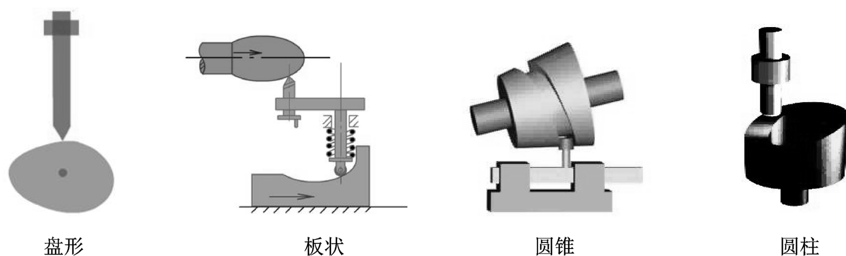


图 8-84　按凸轮进行分类的凸轮机构

（4）按高副维持接触的方法分类

按高副维持接触的方法可以分成力封闭的凸轮机构和形封闭的凸轮机构。

力封闭的凸轮机构利用重力、弹簧力或其他外力使从动件始终与凸轮保持接触，如图 8-85 所示。

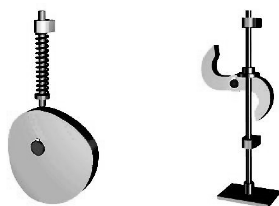


图 8-85　力封闭的凸轮机构

形封闭的凸轮机构利用凸轮与从动件构成高副的特殊几何结构使凸轮与推杆始终保持接触。图 8-86 为常见的几种形封闭的凸轮机构。

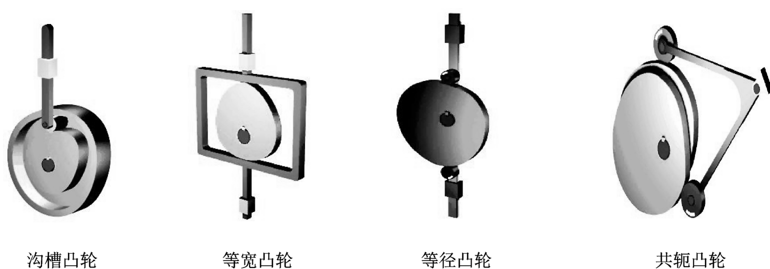




图 8-86 形封闭的凸轮机构



8.4.2 凸轮机构仿真案例

下面通过凸轮机构仿真案例来详解 SolidWorks 机构仿真操作步骤。阀门凸轮机构的装配工作已经完成，下面进行仿真操作。

上机操作——阀门凸轮机构运动仿真

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch08 \ 阀门凸轮机构运动仿真. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch08 \ 阀门凸轮机构运动仿真. avi

01 打开本例素材文件【阀门凸轮机构 . SLDASM】，如图 8-87 所示。

02 单击【运动算例 1】标签，打开运动算例界面窗口。

03 在 MotionManager 工具栏运动算例类型列表中选择【Motion 分析】算例。

04 接下来为阀门凸轮机构添加动力马达。将动画时间设置在 1 秒处，单击【马达】按钮，为凸轮添加旋转马达，如图 8-88 所示。



图 8-87 阀门凸轮机构

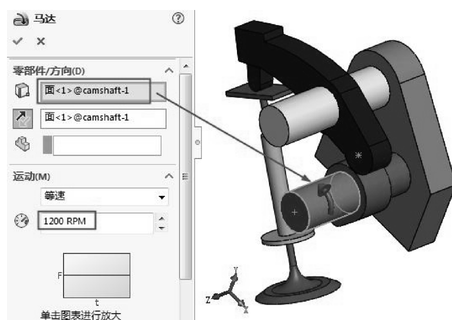


图 8-88 添加凸轮的旋转马达

05 在凸轮接触的另一机构中需要添加压缩弹簧，以保证凸轮运动过程中时时接触。单击【弹簧】按钮，弹出【弹簧】属性面板，然后设置弹簧参数，如图 8-89 所示。

06 接下来设置两个实体接触：一是凸轮接触，二是打杆与弹簧位置接触。单击【接触】按钮，在凸轮位置添加第一个实体接触，如图 8-90 所示。

07 同理，添加弹簧端的实体接触，如图 8-91 所示。

08 单击【计算】按钮，计算运动算例，完成马达减速运动动画。单击【从头播放】按钮，播放减速运动的仿真动画，如图 8-92 所示。

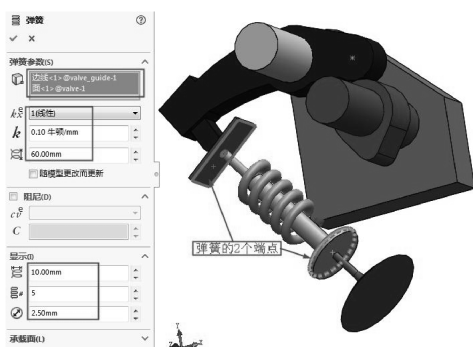


图 8-89　添加线性弹簧

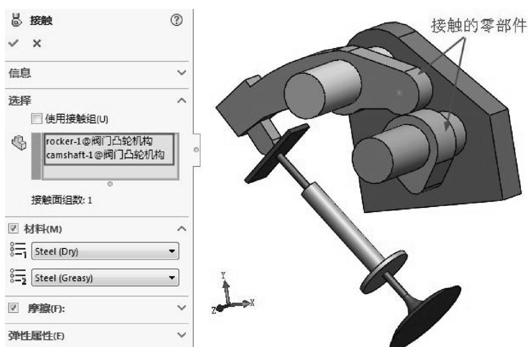


图 8-90　添加凸轮接触

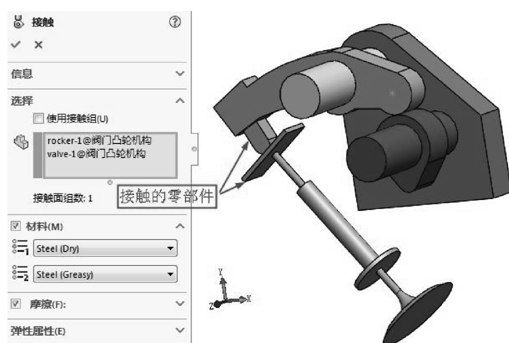


图 8-91　添加弹簧端的实体接触

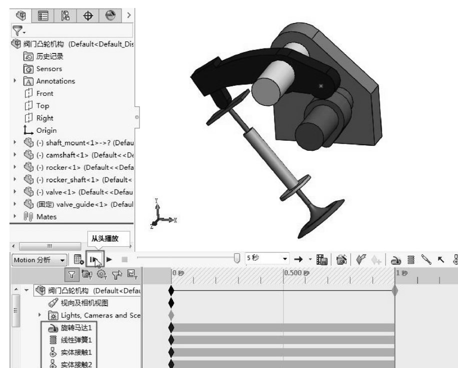


图 8-92　创建运动动画并播放

09 单击【保存动画】按钮，保存减速运动的动画仿真视频文件。

10 完成模型动力学的参数设置后，就可以进行仿真分析了。单击 MotionManager 工具栏的【运动算例属性】按钮，打开【运输算例属性】面板。然后设置运动算例属性参数，如图 8-93 所示。

11 将时间栏拖到 0.1 秒位置，并单击右下角的【放大】按钮，如图 8-94 所示。然后从头播放动画。



图 8-93　设置运动算例属性

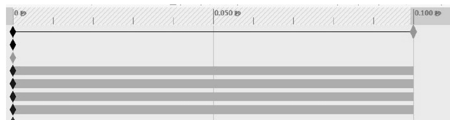


图 8-94　更改动画时间

12 修改播放时间为 5 秒，重新单击【计算】按钮，生成新的动画，如图 8-95 所示。

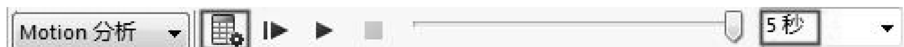


图 8-95 重新计算动画时间

13 单击【结果和图解】按钮，打开【结果】属性面板。在【选取类型】列表中选择【力】类型，选择子类型为【接触力】，选择结果分量为【幅值】，然后选择凸轮接触部位的两个面作为接触面，如图 8-96 所示。

14 单击属性面板中的【确定】按钮，生成运动算例图解，如图 8-97 所示。



图 8-96 设置【结果和图解】属性

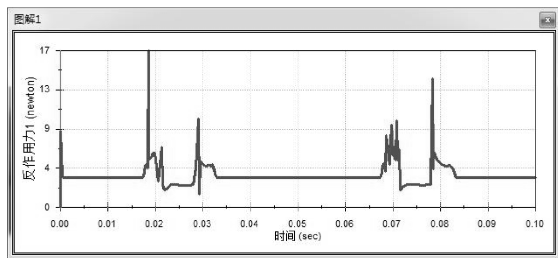


图 8-97 生成图解

15 通过图解表，可以看出 0.02s、0.08s 位置的曲线振荡幅度较大，如果不调整，长久会对凸轮机构的使用寿命造成破坏。需要重新对运动仿真的参数进行修改。

16 在软件窗口底部的【运动算例 1】标签单击右键，选择快捷菜单中的【复制算例】命令，将运动算例整个项目复制，如图 8-98 所示。

17 在复制的运动算例中，编辑【旋转马达 2】，如图 8-99 所示。



图 8-98 复制算例

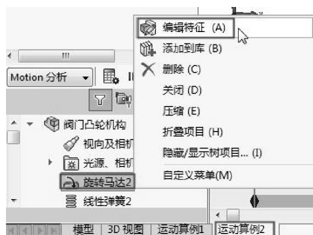


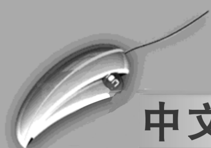
图 8-99 编辑【旋转马达 2】

18 更改马达的转速为 2000rpm，如图 8-100 所示。

19 更改弹簧。鉴于弹簧的强度不够会导致运动过程中接触力不足，所以按照修改马达参数的方法修改弹簧常数为 10 牛顿/mm，如图 8-101 所示。

20 更改马达转速和弹簧常数后，再单击【计算】按钮，重新仿真分析计算。

21 在 MotionManager 设计树中的【结果】项目中右键单击【图解 2 < 反作用力 2 >】，选择快捷菜单中的【显示图解】命令，查看新的运动仿真图解，如图 8-102 所示。



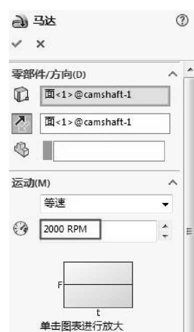


图 8-100 修改马达转速



图 8-101 更改弹簧常数

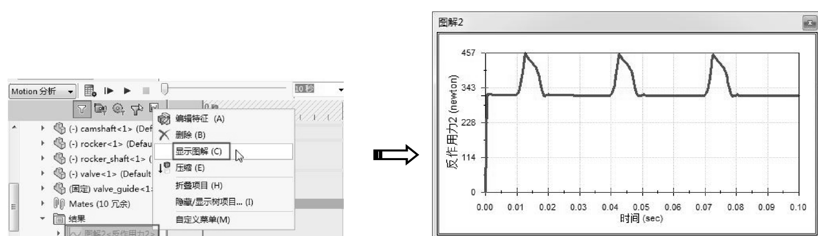


图 8-102 显示新的运动仿真图解

22 从新的图解表中可以看到，运动曲线的振动幅度变小了，较为平缓，说明运动过程中的力度比较稳定。

23 最后保存动画，并保存结果文件。

8.5 课后练习

根据图 8-103 所示的分解模型图，了解整个钻头夹具装配体的结构。

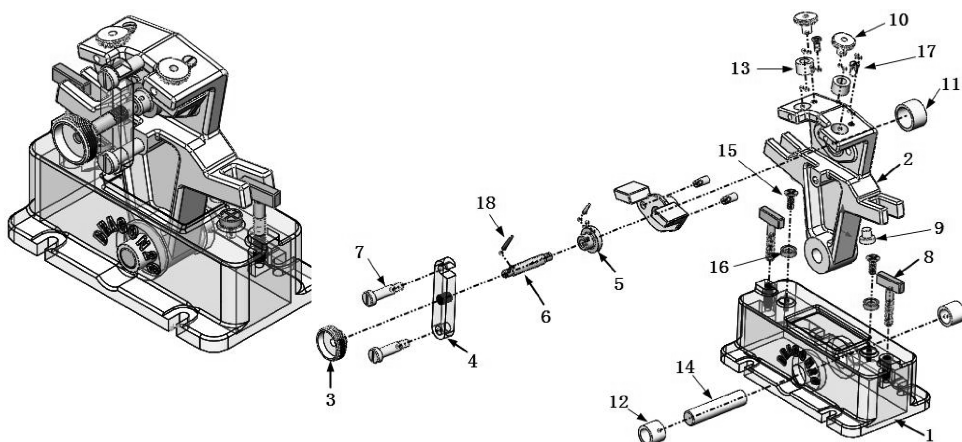


图 8-103 钻头夹具机构

1—底座 2—摇摆本体 3—调整手轮 4—定位块 5—压紧盘 6—锁紧螺杆 7—螺栓 8—T 型螺栓 9—支脚垫片 10—导套 11—本体导套 12—衬套 13—衬套 14—轴 15—螺钉 16—垫片 17—螺钉 18—定位销 19—加工工件。

本例机构仿真的源文件和结果文件在本章的源文件夹和结果文件夹中。

下面根据机构图，说明钻头夹具机构的运动方式，以创建机构仿真运动。

（1）要在编号 19 的加工工件上钻出指定角度（约为 20°）的对称两孔，首先逆时针旋转零件 3 调整手轮，它会带动零件 6 锁紧螺杆，而由螺杆再带动零件 4 定位块往右方移动，使零件 4 定位块与零件 2 摇摆本体之间的空间变大，此时，在零件 2 摇摆本体孔内放入加工工件 19。

（2）旋转零件 4 定位块，使其钩槽扣上零件 7 螺栓。

（3）顺时针转动零件 3 调整手轮，通过零件 6 锁紧螺杆和零件 5 压紧盘来夹紧工件，完成定位。

（4）当零件 2 摇摆本体往一方向摆动（约为 20°）时，会使零件 10 导套与零件 13 衬套互相接触，此时，锁紧零件号为 8 的 T 型螺栓，让它垂直于零件 2 摇摆本体，即可卡住零件 2 摇摆本体而令其固定。

（5）当钻头沿着零件 2 摇摆本体上的孔往下钻且贯穿工件时，再松开零件 8，即 T 型螺栓，使零件 8 平行于零件 2 摇摆本体，因而让零件 2 摇摆本体可以往左右方向摆动。换钻另一方的孔时，只要重复上述动作即可。

（6）零件 2 经常旋转摆动而与零件 1 底座碰撞，为防止长期使用的磨损，加装零件 9 支脚垫片来防磨耗与抗压。在这部分，位于摇摆本体上的支脚垫片孔与支脚垫片，一般会选用 H6/7 的孔配合。

（7）同理，零件 12 衬套也用于摇摆本体与底座之间防磨损，建议选用的孔配合是 H7/r7。

（8）这样，即完成这种特殊的钻孔工作了，当安装工件时，只要旋松零件 3 调整手轮将工件顺着放入，并将工件的轴放入夹具的衬套中即可，在工件放入之后，再将零件 3 调整手轮旋紧，即可进行钻孔工作。

第 9 章

有限元分析

本章导读

在 CAE 技术中，有限元分析（Finite Element Analysis，FEA）是应用广泛且成功的数值分析方法之一。SolidWorks Simulation 即是一款基于有限元（即 FEA 数值）技术的分析软件，通过与 SolidWorks 的无缝集成，在工程实践中发挥着愈来愈大的作用。



案例展现

ANLIZHANXIAN

案 例 图	描 述
	本例的目的是计算当一个 300N 的压力作用在夹钳臂末端时钳臂上的应力分布。分析时，将零部件【螺钉】压缩，钳口处用【平行】配合并添加【固定几何体】的夹具约束，来模拟平板被夹住时的情形。本例中【夹钳】材料为 45 钢，屈服强度为 355MPa，设计强度为 150MPa，大约为材料屈服强度的 42%
	运行 SolidWorks Simulation 模块的静态分析，让摇摆本体零件在给定材料、受力载荷和约束条件下，得到其各项应力、应变、变形和反作用力等数据

9.1 有限元分析基础知识

有限元分析的基本概念是用较简单的问题代替复杂问题后再求解。有限元法的基本思路可以归纳为【化整为零，积零为整】。它将求解域看成是由有限个称为单元的互连子域组成，对每一个单元假定一个合适的近似解，然后推导出求解这个总域的满足条件（如结构的平衡条件），从而得到问题的解。



9.1.1 有限元法概述

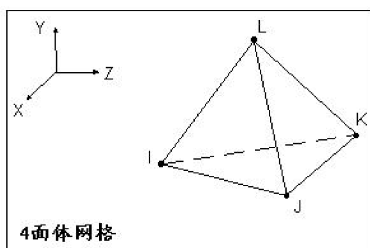
在机械工程中，有限元法已经作为一种常用的方法被广泛使用。计算零部件的应力、变形和进行动态响应计算及稳定性分析等都可用有限元法，如进行齿轮、轴、滚动轴承及箱体的应力、变形计算和动态响应计算，分析滑动轴承中的润滑问题，焊接中残余应力及金属成型中的变形分析等。

有限元法的计算步骤可归纳为以下三个基本步骤：网格划分、单元分析、整体分析。

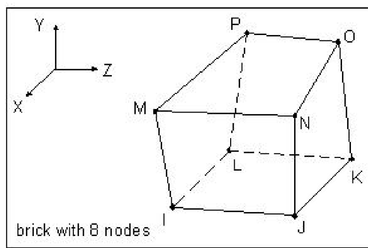
1. 网格划分

有限元法的基本做法是用有限个单元体的集合来代替原有的连续体。因此，首先要对弹性体进行必要的简化，再将弹性体划分为有限个单元组成的离散体。单元之间通过节点相连接。由节点、节点连线和单元构成的集合称为网格。

通常把三维实体划分成四面体（4 节点）或六面体单元（8 节点）的实体网格，如图 9-1 所示。将平面划分成三角形或四边形单元的面网格，如图 9-2 所示。

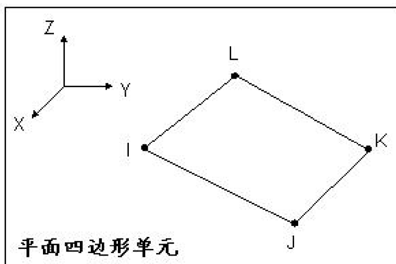


四面体 4 节点单元



六面体 8 节点单元

图 9-1 实体网格与单元



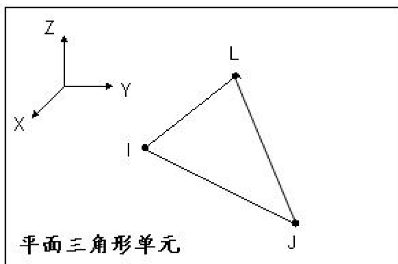


图 9-2 平面网格单元

2. 单元分析

对于弹性力学问题，单元分析就是建立各个单元的节点位移和节点力之间的关系式。

由于将单元的节点位移作为基本变量，进行单元分析首先要为单元内部的位移确定一个近似表达式，然后计算单元的应变、应力，再建立单元中节点力与节点位移的关系式。

以平面三角形 3 节点单元为例，单元有三个节点 I、J、M，每个节点有两个位移 u、v 和两个节点力 U、V，如图 9-3 所示。

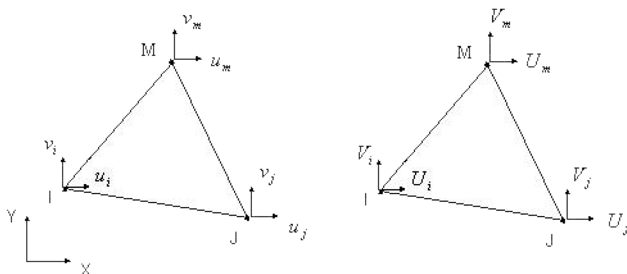


图 9-3　三角形 3 节点单元

单元的所有节点位移、节点力，可以表示为节点位移向量（vector）。

$$\text{节点位移 } \{\delta\}^e = \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_m \\ v_m \end{Bmatrix} \qquad \text{节点力 } \{F\}^e = \begin{Bmatrix} U_i \\ V_i \\ U_j \\ V_j \\ U_m \\ V_m \end{Bmatrix}$$

单元的节点位移和节点力之间的关系用张量（tensor）来表示。

$$\{F\}^e = [K]^e\{\delta\}^e$$

3. 整体分析

对由各个单元组成的整体进行分析，建立节点外载荷与节点位移的关系，以解出节点位移，这个过程称为整体分析。同样以弹性力学的平面问题为例，如图 9-4 所示，在边界节点 i 上受到集中力 P_x^i、P_y^i 作用。节点 i 是三个单元的结合点，因此要把这三个单元在同一节点上的节点力汇集在一起建立平衡方程。

i 节点的节点力：

$$U_i^{(1)} + U_i^{(2)} + U_i^{(3)} = \sum_e U_i^{(e)}$$

$$V_i^{(1)} + V_i^{(2)} + V_i^{(3)} = \sum_e V_i^{(e)}$$

i 节点的平衡方程：

$$\left.\begin{aligned} \sum_e U_i^{(e)} &= P_x^i \\ \sum_e V_i^{(e)} &= P_y^i \end{aligned}\right\}$$

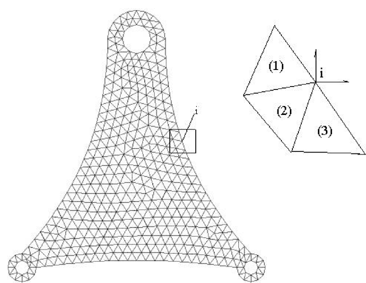


图 9-4　整体分析

4. 等效应力（也称为 von Mises 应力）

由材料力学可知，反映应力状态的微元体上剪应力等于零的平面，定义为主平面。主平面的正应力定义为主应力。受力构件内任一点，均存在三个互相垂直的主平面。三个主应力用 σl、σ2 和 σ3 表示，且按代数值排列，即 σl > σ2 > σ3。von Mises 应力可以表示如下。

$$\sigma = \sqrt{0.5\left[(\sigma1-\sigma2)^2+(\sigma2-\sigma3)^2+(\sigma3-\sigma1)^2\right]}$$

在 Simulation 中，主应力被记为 P1、P2 和 P3，如图 9-5 所示。在大多数情况下，使用 von Mises 应力作为应力度量。因为 von Mises 应力可以很好地描述许多工程材料的结构安全弹塑性性质。P1 应力通常是拉应力，用来评估脆性材料零件的应力结果。对于脆性材料，P1 应力较 Von Mises 应力能更恰当地评估其安全性。P3 应力通常用来评估压应力或接触压力。

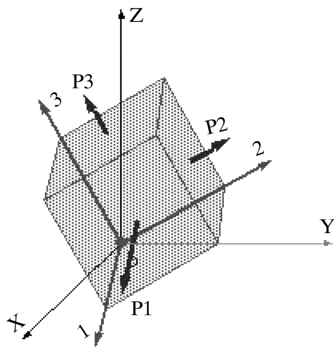


图 9-5　主应力图解

Simulation 程序使用 von Mises 屈服准则计算不同点处的安全系数，该标准规定当等效应力达到材料的屈服力时，材料开始屈服。程序通过在任意点处将屈服力除以 von Mises 应力而计算该处的安全系数。

安全系数值的解释如下。

- 某位置的安全系数小于 1.0 表示此位置的材料已屈服，设计不安全。
- 某位置的安全系数等于 1.0 表示此位置的材料刚开始屈服。
- 某位置的安全系数大于 1.0 表示此位置的材料没有屈服。

5. 在机械工程领域内可用有限元法解决的问题

（1）杆、梁、板、壳、三维块体、二维平面、管道等各种单元的各种复杂结构的静力分析。

（2）各种复杂结构的动力分析，包括频率、振型和动力响应计算。

（3）整机（如水压机、汽车、发电机、泵、机床）的静、动力分析。

（4）工程结构和机械零部件的弹塑性应力分析及大变形分析。

（5）工程结构和机械零件的热弹性蠕变、粘弹性、粘塑性分析。

（6）大型工程机械轴承油膜计算等。



9.1.2 SolidWorks Simulation 有限元简介

Simulation 是 SolidWorks 公司的黄金合作伙伴之一 SRAC（Structural Research & Analysis Corporation）公司推出的一套功能强大的有限元分析软件。SRAC 成立于 1982 年，是将有限元分析带入微型电脑上的典范。1995 年，SRAC 公司与 SolidWorks 公司合作开发了 COSMO-SWorks 软件，从而进入工程界主流有限元分析软件的市场，并成为 SolidWorks 公司的金牌产品之一。它作为嵌入式分析软件，与 SolidWorks 无缝集成，成为顶级销量产品。2001 年，整合了 SolidWorks CAD 软件的 COSMOSWorks 软件在商业上所取得的成功使其获得了 Dassault Systems（达索公司，SolidWorks 的母公司）的认可。2003 年，SRAC 与 SolidWorks 公司合并。COSMOSWorks 的 09 版更名为 SolidWorks Simulation。

Simulation 与 SolidWorks 全面集成，从一开始，就是专为 Windows 操作系统开发的，因而具有许多与 SolidWorks 一样的优点，如功能强大、易学易用。运用 Simulation，普通的工程师就可以进行工程分析，并可以迅速得到分析结果，从而最大限度地缩短产品设计周期，降低测试成本，提高产品质量，加大利润空间。其基本模块能够提供广泛的分析工具来检验和分析复杂零件和装配体，能够进行应力分析、应变分析、热分析、设计优化、线性和非线性分析等。

Simulation 有不同的软件包以适应不同用户的需求。除了 SolidWorks SimulationXpress 程序包是 SolidWorks 的集成部分外，其他所有的 Simulation 软件程序包都是插件形式的。不同程序包的主要功能如下。

1. SolidWorks SimulationXpress

能对带有简单载荷和支撑的零件进行静态分析，只有在 Simulation 插件未启动时才能使用。

2. SolidWorks Simulation

能对零件和装配体进行静力分析。Simulation 是专门为那些非设计验证领域专业人士的设计师和工程师量身定做的，该软件可以在 SolidWorks 模型制造之前指明其运行特性，从而保证产品质量。

Simulation 完全嵌入在 SolidWorks 界面中，因此任何能够运用 SolidWorks 设计零件的人都可以对零件进行分析。使用 Simulation 可以实现以下功能。

- 轻松快速地比较备选设计方案，从而选择最佳方案。
- 研究不同装配体零件之间的交互作用。
- 模拟真实运行条件，以查看模型如何处理应力、应变和位移。
- 使用简化验证过程的自动化工具，节省在细节方面所花费的时间。
- 使用功能强大且直观的可视化工具来解释结果。
- 与参与产品开发过程的所有人员协作并分享结果。

3. SolidWorks Simulation Professional

能进行零件和装配体的静态、热力、扭曲、频率、掉落测试、优化和疲劳分析。使用 Simulation Professional 可以实现以下功能。

- 分析运动零件和接触零件在装配体内的行为。
- 执行掉落测试分析。

- 优化模型以满足预先指定的设计指标。
- 确定设计是否会因扭曲或振动而出现故障。
- 减少因制造物理原型而造成的成本和时间延误。
- 找出潜在的设计缺陷，并在设计过程中尽早纠正。
- 解决复杂的热力模拟问题。
- 分析设计中因循环载荷产生的疲劳而导致的故障。

4. SolidWorks Simulation Premium

除包含有 Simulation Professional 的全部功能外，还能进行非线性和动力学分析。它为经验丰富的分析员提供了多种设计验证功能，以应对棘手的工程问题，例如非线性分析等。使用 Simulation Premium 可以实现如下功能。

- 对塑料、橡胶、聚合物和泡沫执行非线性分析。
- 对非线性材料间的接触进行分析。
- 研究设计在动态载荷下的性能。
- 了解复合材料的特性。



9.1.3　SolidWorks Simulation 分析类型

1. 线性静态分析

当载荷作用于物体表面上时，物体发生变形，载荷的作用将传到整个物体。外部载荷会引起内力和反作用力，使物体进入平衡状态。图 9-6 为某托架零件的静态应力分析效果。

线性静态分析有如下两个假设。

- 静态假设。所有载荷被缓慢且逐渐应用，直到它们达到其完全量值。在达到完全量值后，载荷保持不变（不随时间变化）。
- 线性假设。载荷和所引起的反应力之间关系是线性的。例如，将载荷加倍，模型的反应（位移、应变及应力）也将加倍。

2. 频率分析

每个结构都有以特定频率振动的趋势，这一频率也称作自然频率或共振频率。每个自然频率都与模型以该频率振动时趋向于呈现的特定形状相关，称为模式形状。

当结构被频率与其自然频率一致的动态载荷正常刺激时，会承受较大的位移和应力。这种现象就称为共振。对于无阻尼的系统，共振在理论上会导致无穷的运动。但阻尼会限制结构因共振载荷而产生的反应。图 9-7 为某轴装配体的频率分析。

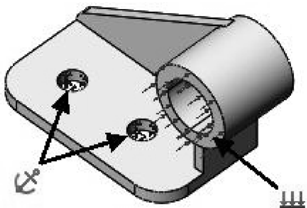


图 9-6　线性静态分析

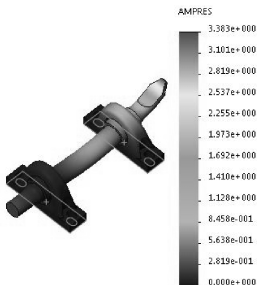


图 9-7　频率分析

3. 线性动力分析

静态算例假设载荷是常量或者在达到其全值之前按非常慢的速度应用。由于这一假设，模型中每个微粒的速度和加速度均假设为零。其结果是，静态算例将忽略惯性力和阻尼力。

在很多实际情形中，载荷并不会缓慢应用，而且可能会随时间或频率而变化。在这样的情况下，可使用动态算例。一般而言，如果载荷频率比最低（基本）频率高 1/3，就应使用动态算例。

线性动态算例以频率算例为基础。软件将通过累积每种模式对负载环境的贡献来计算模型的作用。在大多数情况下，只有较低的模式会对模型的响应发挥主要作用。模式的作用取决于载荷的频率内容、量、方向、持续时间和位置。

动态分析的目标如下。

- 设计要在动态环境中始终正常工作的结构体系和机械体系。
- 修改系统的特性（几何体、阻尼装置、材料属性等），以削弱振动效应。

图 9-8 为篮圈对灌篮动作产生的冲击载荷的响应波谱分析。响应图表清晰地描述了篮圈在灌篮过程中的振动情况。

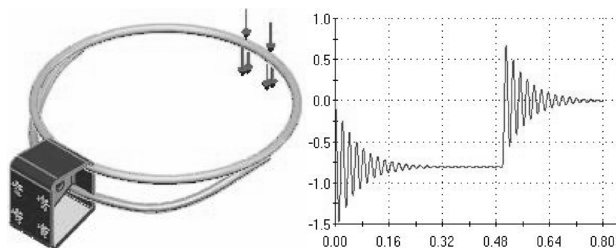


图 9-8　篮圈的线性动力分析

4. 热分析

热传递包括传导、对流和辐射三种传热方式。热分析计算物体中由于以上部分或全部机制所引起的温度分布。在所有三种机制中，热能从具有较高温度的介质流向具有较低温度的介质。传导和对流传热需要有中间介质，而辐射传热则不需要。

传热分析根据与时间的相关程度分为如下两种类型。

- 稳态热力分析：在这种分析中，只关心物体达到热平衡状态时的热力条件，而不关心达到这种状态所用的时间。达到热平衡时，进入模型中每个点的热能与离开该点的热能相等。一般来说，稳态分析所需的唯一材料属性是热导率，图 9-9 为某零件的稳态热力分析结果图解。
- 瞬态热力分析：在这种分析中，只关心模型的热力状态与时间的函数关系。例如，热水瓶设计师知道里面的流体温度最终将与室温相等（稳态），但设计师感兴趣的是找出流体的温度与时间的函数关系。在指定瞬态热分析的材料属性时，需要指定热导率、密度和比热。此外，还需要指定初始温度、求解时间和时间增量。图 9-10 为某零件的瞬态热力分析结果图解。

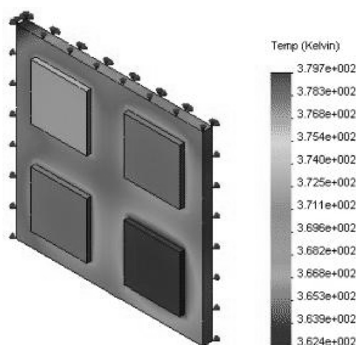


图 9-9　稳态热力分析结果图解

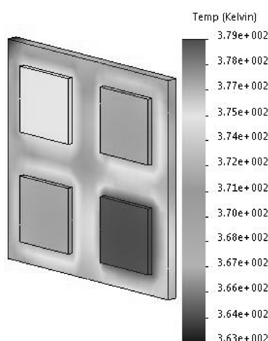


图 9-10　瞬态热力分析结果图解

5. 线性扭曲分析

细长模型在轴载荷下趋向于扭曲。扭曲是指当存储的膜片（轴）能量转换为折弯能量而外部应用的载荷没有变化时，所发生的突然变形。从数学上讲，发生扭曲时，刚度矩阵变成奇异矩阵。此处使用的线性化扭曲方法可解决特征值问题，以估计关键性扭曲因子和相关的扭曲模式形状。

模型在不同级别的载荷下可扭曲为不同的形状。模型扭曲的形状称为扭曲模式形状，载荷则称为临界或扭曲载荷。扭曲分析会计算【扭曲】对话框中所要求的模式数。设计师通常对最低模式（模式 1）感兴趣，因为它与最低的临界载荷相关。当扭曲是临界设计因子时，计算多个扭曲模式有助于找到模型的脆弱区域。模式形状可帮助您修改模型或支持系统，以防止特定模式下的扭曲。

图 9-11 为三块尺寸均为 10 ×2 英寸的矩形板的线性扭曲分析，按图中方式连接，中间的板厚度为 0. 4 英寸，其他两块板厚度为 0. 2 英寸。

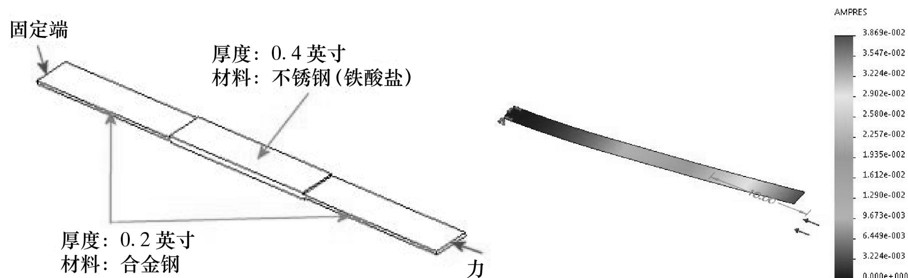


图 9-11　线性扭曲分析

6. 非线性静态分析

线性静态分析假设载荷和所引发的反应之间的关系是线性的。例如，如果将载荷量加倍，反应（位移、应变、应力及反作用力等）也将加倍。

图 9-12 为线性静态分析和非线性静态分析的反应图解。

所有实际结构在某个水平的载荷作用下都会以某种方式发生非线性变化。在某些情况下，线性分析可能已经足够。在其他许多情况下，由于违背了所依据的假设条件，因此线性求解会产生错误结果。造成非线性的原因有材料行为、大型位移和接触条件。图 9-13 为平板的几何体非线性分析结果图解。

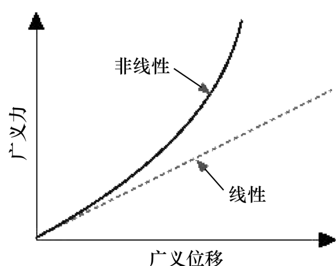


图 9-12　反应图解

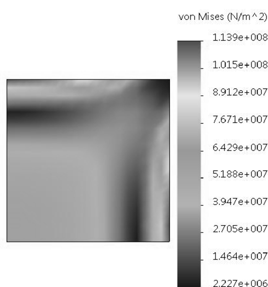


图 9-13　几何体非线性分析结果图解

7. 疲劳分析

我们注意到，即使引发的应力比所允许的应力极限要小很多，反复加载和卸载一段时间后也会削弱物体。这种现象称为疲劳。每个应力波动周期都会在一定程度上削弱物体。在数个周期之后，物体会因为太疲劳而失效。疲劳是许多物体失效的主要原因，特别是金属物体。因疲劳而失效的典型示例包括旋转机械、螺栓、机翼、消费产品、海上平台、船舶、车轴、桥梁和骨架。

图 9-14 为小型飞机的起落架疲劳分析结果图解。

8. 跌落测试分析

跌落测试算例会评估对具有硬或软平面的零件或装配体的冲击效应。掉落物体到地板上是一种典型的应用，该算例也由此而得名。程序会自动计算冲击和引力载荷，不允许其他载荷或约束。图 9-15 为硬盘跌落测试结果图解。

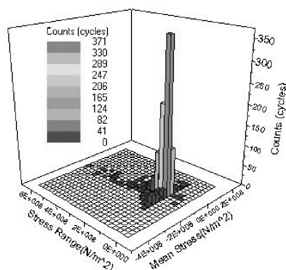


图 9-14　起落架疲劳分析结果

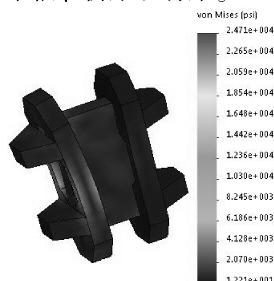


图 9-15　硬盘跌落测试

9. 压力容器设计

在压力容器设计算例中，将静态算例的结果与所需因素组合，每个静态算例都具有不同的一组可以创建相应结果的载荷。这些载荷可以是恒载、动载（接近于静态载荷）、热载、震载等。压力容器设计算例会使用线性组合或平方和平方根法（SRSS），以代数方法合并静态算例的结果。图 9-16 为压力容器设计算例分析案例。

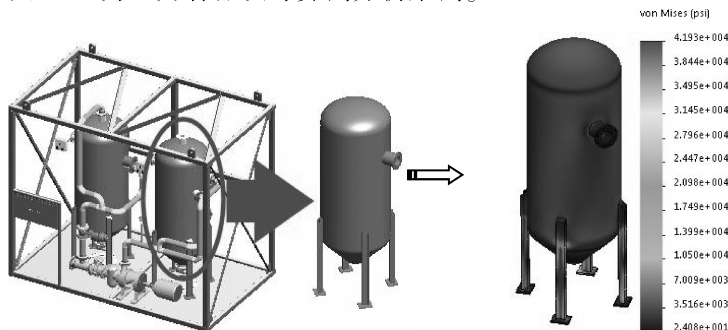


图 9-16　压力容器设计算例



9.1.4　Simulation 有限元分析的一般步骤

不管项目多复杂或应用领域多广，无论是结构、热传导还是声学分析，对于不同物理性质

和数学模型的问题，有限元求解法的基本步骤是相同的，只是具体公式推导和运算求解不同。

1. 有限元求解问题的基本思想

（1）建立数学模型

Simulation 可对来自 SolidWorks 的零件或装配体的几何模型进行分析。几何模型必须能够用正确的、适度小的有限单元进行网格划分。此处所说的【小】，并不是指它的单元尺寸，而是表示网格中单元的数量。对网格的这种要求，有着极其重要的含义。必须保证 CAD 几何模型的网格划分，并且通过所产生的网格能得到正确的数据，如位移、应力、温度分布等。

通常情况下，需要修改 CAD 几何模型以满足网格划分的要求。这种修改可以采取特征消隐、理想化或清除等方法。

- 特征消隐：特征消隐指合并或消除分析中认为不重要的几何特征，如外倒角、圆边、标志等。
- 理想化：理想化是更具有积极意义的工作，它也许偏离了 CAD 几何模型的原貌，如将一个薄壁模型用一个面来代替。
- 清除：清除有时是必需的，因为可划分网格的几何模型必须满足比实体建模更高的要求。可以使用 CAD 质量控制工具来检查问题所在。例如，CAD 模型中的细长面（即长比宽大得很多的面，像是一条线的面）或多重实体（即多个实体），会造成网格划分困难甚至无法划分。通常情况下，对能够进行正确网格划分的模型采取简化，是为了避免由于网格过多而导致分析过程太慢。修改几何模型是为了简化网格从而缩短计算时间。成功的网格划分不仅依赖于几何模型的质量，还依赖于用户对 FEA 软件网格划分技术的熟练使用。

（2）建立有限元模型

通过离散化过程，将数学模型剖分成有限单元，这一过程称为网格划分。离散化在视觉上是将几何模型划分为网格。然而，载荷和支撑在网格完成后也需要离散化，离散化的载荷和支撑将施加到有限元网格的节点上。

（3）求解有限元模型

创建了有限元模型后，使用 Simulation 求解器得出一些感兴趣的数据。

（4）结果分析

总体来说，结果分析是最困难的一步。有限元分析提供了非常详细的数据，这些数据可以用各种格式表达。要想准确解释结果，需要熟悉和理解各种假设、简化约定以及在前面三步中产生的误差。

创建数学模型和离散化成有限元模型会不可避免地产生误差：形成数学模型会导致建模误差，即理想化误差；离散数学模型会带来离散误差；求解过程会产生数值误差。在这三种误差中，建模误差是在 FEA 之前引入的，只能通过正确的建模技术来控制；求解误差是在计算过程中积累的，难于控制，所幸的是它们通常都很小；只有离散化误差是 FEA 特有的，也就是说，只有离散化误差能够在使用 FEA 时被控制。

有限元分析可分为三个阶段：前处理、求解和后处理。前处理是建立有限元模型，完成单元网格划分；求解是计算基本未知量；后处理则是采集处理分析结果，方便用户提取信息，了解计算结果。

2. Simulation 分析步骤

以上介绍了 Simulation 有限元分析的基本思想，在实际应用 Simulation 进行分析时，一般遵循以下步骤。

01 创建算例。对模型的每次分析都是一个算例，一个模型可以有多个算例。

02 应用材料。向模型添加包含物理信息（如屈服强度）的材料。

03 添加约束。模拟真实的模型装夹方式，对模型添加夹具（约束）。

04 施加载荷。载荷反映了作用在模型上的力。

05 划分网格。模型被细分为有限个单元。

06 运行分析。求解计算模型中的位移、应变和应力。

07 分析结果。分析解释计算所得数据。

 9.1.5 Simulation 使用指导

1. 启动 Simulation 插件

如果已正确安装 Simulation，但在 SolidWorks 的菜单栏中没有 Simulation 菜单，可选择菜单栏中【工具】|【插件】命令或单击【选项】按钮右边的下三角并选择【插件】命令。弹出【插件】对话框，在对话框中勾选【SOLIDWORKS Simulation】选项，如图 9-17 所示。

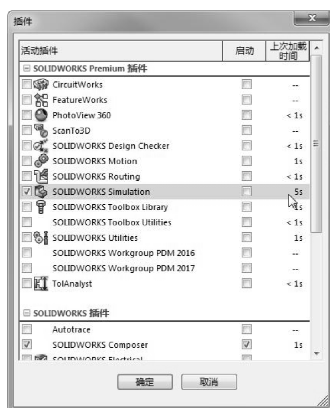


图 9-17　启动 SolidWorks Simulation

或者进入建模环境、装配体环境以后，在功能区【SOLIDWORKS 插件】选项卡中单击【SOLIDWORKS Simulation】按钮，也可启用 Simulation 有限元分析插件，如图 9-18 所示。

功能区中新增【Simulation】选项卡，SolidWorks Simulation 的界面如图 9-19 所示。



图 9-18　在功能区选项卡启动 Simulation 有限元分析插件

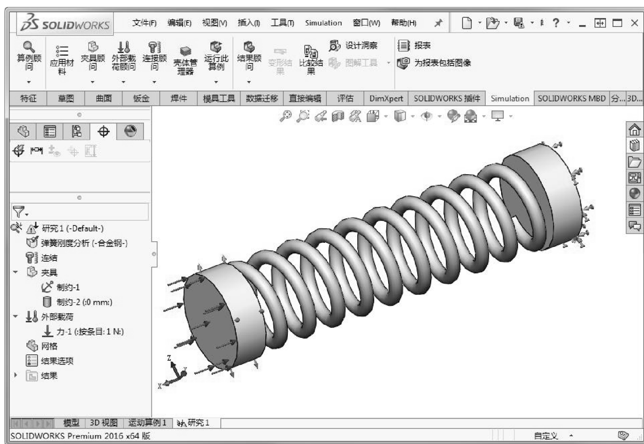


图 9-19　Simulation 界面

2. SolidWorks Simulation 选项设置

选择菜单栏中【Simulation】|【选项】命令，弹出【系统选项】对话框。用户可以在此定义分析中使用的标准。该对话框有两个选项卡，即【系统选项】和【默认选项】，如图9-20所示。

（1）【系统选项】选项卡。

系统选项面向所有算例，包含出错信息、夹具符号、网格颜色、结果图解、字体设置和默认数据库的存放位置等。

（2）【默认选项】选项卡。

默认选项只针对当前建立的算例。在此，可以设置单位、载荷/夹具、网格、结果、图解和报告等。以【图解】设置为例，静态分析之后，Simulation 会自动生成三个结果图解：应力1、位移1和应变1。用户可以通过【图解】，设置自动生成哪些结果图解及显示格式，并且可以通过右击算例结果项添加新图解，如图9-21所示。



图9-20 【系统选项】对话框



图9-21 【默认选项】选项卡

9.2 Simulation 分析工具介绍

本节将按照 Simulation 分析步骤对涉及的分析工具进行简要介绍。



9.2.1 分析算例

算例是由一系列参数定义的，这些参数完整地表述了物理问题的有限元分析。当对一个零件或装配体进行分析时，想得到它在不同工作条件下的反应，就要运行不同类型的分析。一个算例的完整定义包括以下几方面：分析类型、材料、负荷、约束、网格。

要创建一个新算例，需要先载入要进行有限元分析的模型。

1. 算例顾问

算例顾问可以帮助新用户建立一个适当的算例。对于零件和装配体的基本静态算例，顾问可提供信息并驱动界面引导用户完成模拟过程。

单击【算例顾问】按钮🔍，图形区右侧的任务窗格增加【Simulation 顾问】任务窗格，

如图 9-22 所示。

单击【下一项】按钮，算例顾问可以帮助您选择适当的算例类型，如图 9-23 所示。

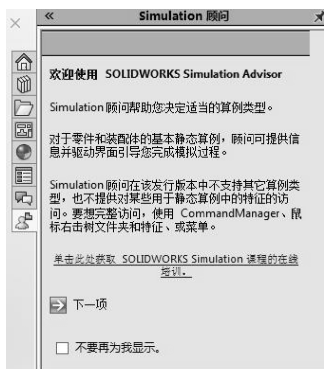


图 9-22 【Simulation 顾问】任务窗格

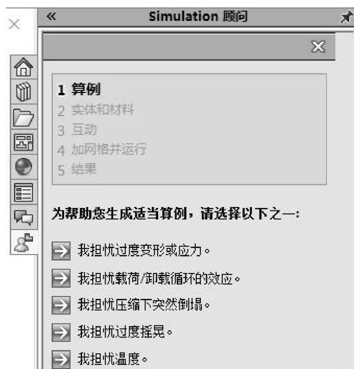


图 9-23 选择适当的算例类型

例如，需要对某个零件进行应力分析，可以选择 我担忧过度变形或应力。，接着再选择您所担忧的问题，如图 9-24 所示。随后将在属性管理器中显示【传感器】属性面板，如图 9-25 所示。

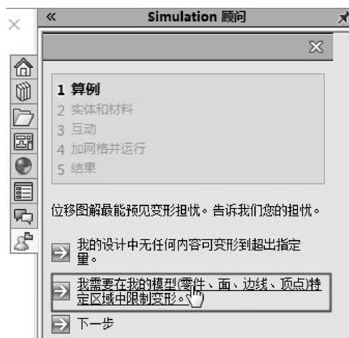


图 9-24 选择问题



图 9-25 【传感器】属性面板



图 9-26 【算例】属性面板

设置传感器相关参数后，返回到【Simulation 顾问】任务窗格，单击 生成静态算例 选项，即创建线性静态应力分析算例。

2. 新建算例

如果用户能熟练操作 Simulation，可以直接单击 新算例 按钮，弹出【算例】属性面板。选择对应的算例类型，单击【确定】按钮，完成算例的创建，如图 9-26 所示。

3. 复制已有算例

右击想要复制的算例标签页，在快捷菜单中选择【复制】命令。此时，系统弹出【定义

算例名称】对话框，将算例重命名并选择所需的配置，如图 9-27 所示，单击【确定】按钮，完成新算例的创建。这种方法在本质上是复制一个完全相同的算例并粘贴到空白算例中。



图 9-27 【定义算例名称】对话框

当在【算例 1】及其下的几个文件夹图标上右击时，均出现【复制】命令，这说明不仅可以复制算例，还可以从已有的算例中复制材料、夹具、外部载荷等。这要比在新算例中重新定义方便得多，也可以直接将欲复制的参数用鼠标拖动到新算例的标签页中。



9.2.2　应用材料

在运行算例之前，必须定义相关分析类型和指定的材料模型所要求的所有材料属性。材料模型描述了材料的行为并确定所需的材料属性。线性各向同性和正交各向异性材料模型可用于所有结构算例和热算例。其他材料模型可用于非线性应力算例。材料属性可以指定为温度的函数。

在 Simulation 中，可将材料应用到零件、多体零件中的一个或多个实体或者装配体中的一个或多个零部件。定义材料不会更新已在 SolidWorks 中为 CAD 模型分配的材料。在装配体中，不同零件可以指定不同的材料。

单击【应用材料】按钮☰，打开【材料】对话框，如图 9-28 所示。



图 9-28 【材料】对话框

有如下三种方法选择材料来源。

- 使用 SolidWorks 材质：Simulation 将使用在 SolidWorks 中分配给零件的材料。
- 自定义：允许手工输入材料属性。

● 自库文件：库文件可以来自 Simulation materials 或自定义的材料库。

库文件中包含了非常丰富的材料，一般情况下，可以在库文件中找到所需的材质。但如果材质库中没有所需的材料，用户可以自定义材质。

上机操作——创建自定义的新材料

练习文件路径：无
演示视频路径：\ 视频 \ Ch10 \ 创建自定义的新材料. avi

01 在【材料】对话框左侧材料库列表中，右击【自定义材料】节点选项，在弹出的菜单中选择【新类别】命令，创建一个命名为【钢】的材料类别，如图 9-29 所示。

02 在新建的【钢】类别位置右击，并选择【新材料】命令，新建命名为【45 钢】的材料，如图 9-30 所示。

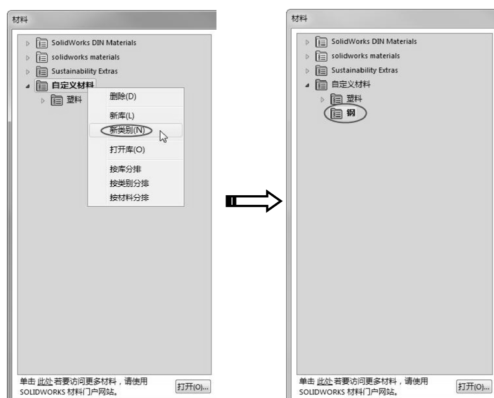


图 9-29　新建材料类别

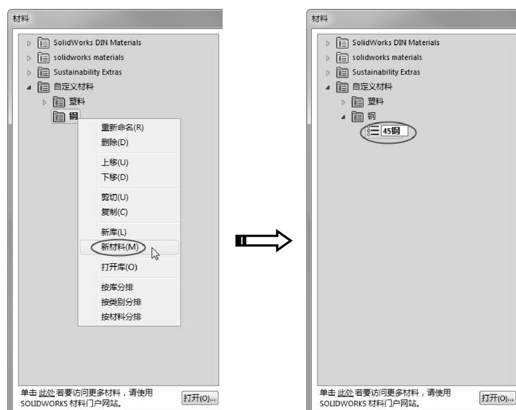


图 9-30　新建材料

03 在【属性】选项卡下显示新材料的属性选项设置。输入所需的材料属性值，或者先选中一种库文件中的材料，然后编辑材料属性值。

技巧点拨

值得注意的是，我国的 GB（标准）45 钢在德国 DIN（标准）称为 C45 钢；在日本 JIS（标准）称为 S45C 钢；在美国 AISI（标准）称为 1045 钢，在 ASTM 标准中称为 1045 或者 080M46 钢。表 9-1 中列出材料参数比较。从表中我们可以看出，在不同标准中 45 钢的叫法不一样，其实材料性能参数也是有细微差别的。

表 9-1　45 钢在不同标准中比较

	中国 GB 45 钢	美国 AISI 1045 钢	德国 DIN C45 钢
弹性模量	2131193. 9 公斤力/cm^2	2090405. 5 公斤力/cm^2	2141391. 032 公斤力/cm^2
中泊松比	0. 269	0. 29	0. 28
中抗剪模量	839221. 33 公斤力/cm^2	815768 公斤力/cm^2	805570. 9 公斤力/cm^2
质量密度	0. 00789kg/cm^3	0. 00785kg/cm^3	0. 0078kg/cm^3
张力强度	6118. 26 公斤力/cm^2	6373. 1875 公斤力/cm^2	7647. 825 公斤力/cm^2
屈服强度	3619. 9705 公斤力/cm^2	5404. 463 公斤力/cm^2	5914. 318 公斤力/cm^2
热膨胀系数	1. 17e－005/oC	1. 15e－005/oC	1. 1e－005/oC
热导率	0. 114723cal/（cm・sec・oC）	0. 119025cal/（cm・sec・oC）	0. 0334608cal/（cm・sec・oC）
比热	107. 553cal/（kg・oC）	116. 157cal/（kg・oC）	105. 163cal/（kg・oC）

04 单击 选择... 按钮，在【匹配 Sustainability 信息】对话框的【SolidWorks DIN Materials】德国金属材料库中选择【DIN 钢（非合金）】下的 1.0503（C45）材料，此材料性能参数与 GB45 钢接近，如图 9-31 所示。

05 输入完成以后，单击【保存】按钮。

06 本例源文件夹中提供了专属 GB 的 SolidWorks GB materials. sldmat 材料库文件。将 SolidWorks GB materials. sldmat 文件放置于电脑中【C：\ ProgramData \ SOLIDWORKS \ SOLIDWORKS 2018 \ 自定义材料】路径下。

07 然后在【材料】对话框底部单击 打开(O)... 按钮，找到存放 GB 材料库文件的路径，选择 SolidWorks GB materials. sldmat 打开即可，如图 9-32 所示。

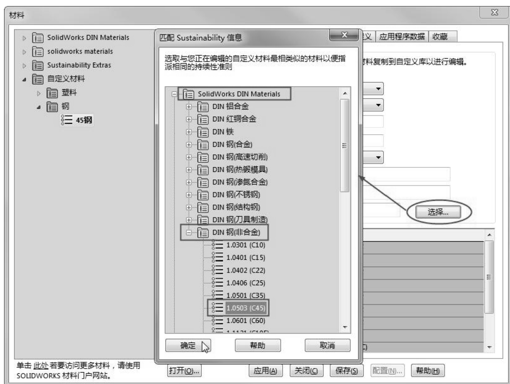


图 9-31 添加永续性数据

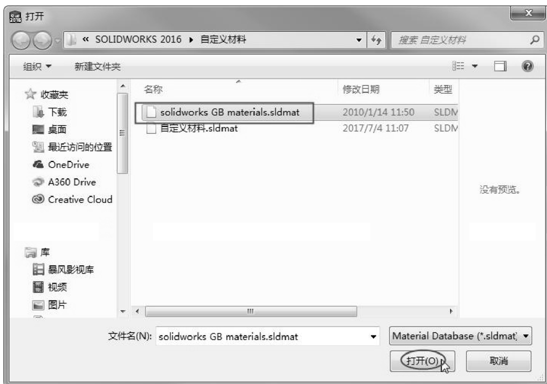


图 9-32 打开 GB 材料库文件

08 打开后，可以在【材料】对话框左侧的材料库列表中找到 SolidWorks GB materials 材料库，如图 9-33 所示。



图 9-33 材料库列表中显示的 SolidWorks GB materials 材料库



9.2.3 设定边界条件

为分析模型添加约束、连接状态（装配关系）和外部载荷，称为【设定边界条件】。SolidWorks Simulation 中的边界条件类型包括连接和夹具。

1. 连接约束

单个零件模型是不需要连接的，【连接】是针对装配体的各零部件之间的连接状态而言

的。连接类型又分为接触约束和刚性连接约束。

技巧点拨	连接约束是针对要模拟的对象状态而言的，也就是说，当分析对象是单个实体模型时，我们不需要为其假定一个连接状态。若是装配体，那么肯定是存在连接约束的。

（1）接触约束

接触是描述最初接触或在装载过程中接触的零件边界之间的交互作用。可以在装配体和多实体零件文件中使用接触功能。接触分【相触面组】和【零部件接触】两种。

- 相触面组：相触面组是针对面与面的接触关系。可以定义实体算例、壳体算例及混合网格中的横梁之间的迭代。为接触组件自动完成横梁到壳体或实体面的黏合。单击【相触面组】按钮相触面组，打开如图9-34所示的【相触面组】属性面板。
- 零部件接触：零部件接触是针对装配体中组件与组件的接触关系。单击【零部件接触】按钮零部件接触，打开【零部件接触】属性面板，如图9-35所示。



图9-34 【相触面组】属性面板



图9-35 【零部件接触】属性面板

（2）刚性连接约束

刚性连接是一种用来定义某个实体（顶点、边线、面）与另一个实体的连接装置。使用刚性连接可简化建模，因为在许多情况下，可以直接模拟所需的行为，而不必创建详细的几何体或定义接触条件。刚性连接包括表9-2所示的类型。

表9-2 刚性连接类型

刚性	定义两个截然不同的实体中面之间的刚性连接
弹簧	定义只抗张力（电缆）、只抗压缩或者同时抗张力和压缩的弹簧
销钉	连接两个零部件的圆柱面
螺栓	在两个零部件之间或零部件与地之间定义一个螺栓接头
连杆	通过一个在两端铰接的刚性杆将模型上的任意两个位置捆扎在一起
边焊缝	估计焊接两个金属零部件所需的适当焊缝大小
点焊	不使用任何填充材料而在小块区域（点）上连接两个或更多薄壁重叠钣金件
轴承	在杆和外壳零部件之间应用轴承接头

2. 夹具

夹具约束是限制物体自由度的工具。夹具工具包括固定几何体、滚柱/滑杆和固定铰链3种标准模式。

（1）【固定几何体】约束

固定几何体是完全限制物体6个自由度的约束工具，也就是3个平面的平移自由度和3个绕轴旋转自由度，如图9-36所示。

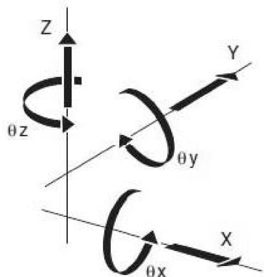


图9-36　6个自由度

（2）【滚柱/滑杆】约束

滚柱/滑杆约束控制物体（针对装配体）在指定平面上进行滚动（圆柱形物体）和滑动，但不能在垂直于指定平面的垂直方向上运动。

（3）固定铰链约束

固定铰链约束控制物体（存在圆柱面或者就是圆柱体）绕自身的轴进行旋转。在载荷下，圆柱面的半径和长度保持恒定。

当然，除了上述三种标准约束工具，还可以使用【高级夹具】工具针对复杂对象的约束设定。

3. 外部载荷

载荷和约束在定义模型的服务环境时是不可或缺的。分析结果直接取决于指定的载荷和约束。载荷和约束作为特征被应用到几何实体中，它们与几何体完全关联，并可自动调整以适应几何体的变化。

在SolidWorks Simulation中，不同分析类型环境下，可施加的外部载荷也有所不同。SolidWorks Simulation的载荷主要包括结构载荷和热载荷。

结构载荷如图9-37所示，热载荷如图9-38所示。



图9-37　结构载荷



图9-38　热载荷



9.2.4　网格单元

网格是构成有限元分析模型的重要组成元素，也是有限元分析计算的基础。网格的划分是将理想化模型拆分成有限数量的区域，这些区域被称为【单元】，单元之间由节点连接在一起。

1. 网格类型

按网格单元的测量方法进行划分，Simulation可以创建如下网格类型。

- 3D四面实体单元，如图9-39所示。
- 2D三角形壳体单元，如图9-40所示。
- 1D横梁单元，如图9-41所示。

按网格单元形状进行划分，Simulation中有四种单元类型：一阶实体四面体单元、二阶实体四面体单元、一阶三角形壳单元和二阶三角形壳单元。在SolidWorks Simulation中，称一阶单元为【草稿品质】单元，二阶单元为【高品质】单元。

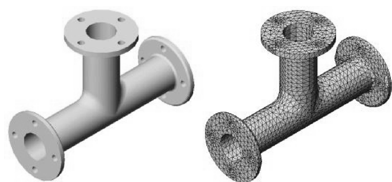


图 9-39　CAD 模型和 3D 四面实体单元

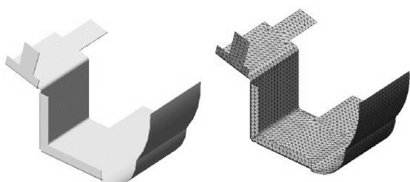


图 9-40　CAD 钣金模型和 2D 三角形壳体单元

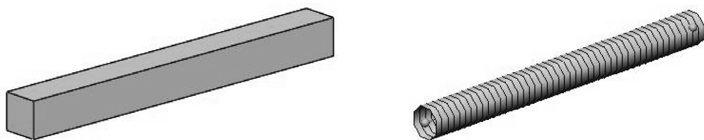


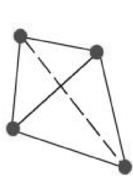
图 9-41　横梁 CAD 和 1D 横梁单元

技巧点拨	线性单元也称作一阶或低阶单元。抛物线单元也称作二阶或高阶单元。

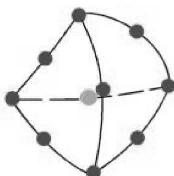
由于二阶单元具有较好的绘图能力和模拟能力，推荐用户对最终结果和具有曲面几何体的模型使用高品质选项，Simulation 默认选择即为高品质。在进行快速评估时，可以使用草稿品质网格化，以缩短运算时间。

线性四面单元由四个通过六条直边线连接的边角节来定义。抛物线四面单元由四个边角节、六个中侧节和六条边线来定义。图 9-42 为线性和抛物线四面实体单元的示意图。

图 9-43 为一阶、二阶的线性和抛物线三角形壳体单元的示意图。

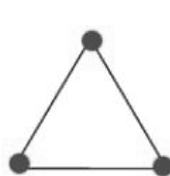


线性实体单元

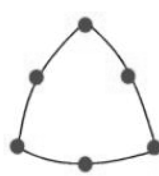


抛物线实体单元

图 9-42　一阶与二阶实体单元



线性三角形单元



抛物线三角形单元

图 9-43　一阶与二阶的壳体单元

2. 网格划分注意事项

我们在划分网格时，需要注意以下几个方面的问题。

（1）网格密度

有限元方法是数值近似算法，一般情况下，网格密度越大，其计算结果与精确解的近似程度越高。但是，在已经获得比较精确计算结果的情况下，再加大网格密度并没有实际意义。

一般而言，网格密度（单元数）相同时，抛物线单元产生的结果的精度高于线性单元，原因如下。

- 它们能更精确地表现曲线边界。
- 它们可以创建更精确的数学近似结果。不过，与线性单元相比，抛物线单元需要占用更多的计算资源。

对于不同的研究对象，其单元格长度的取值是不同的。确定单元格长度可采用如下 3 种方法。

- 数据实验法，分别输入不同的单元格相比较，选取计算精度可以达到要求，且计算时间较短、效率较高，收敛半径的单元格长度最小，这种方法较复杂，往往用于无同类数据可参考的情况。
- 同类项比较法，借鉴同类产品的分析数据。比如，在对摩托车铝车轮进行网格划分时，可以适当借鉴汽车铝车轮有限元分析时的单元格长度。
- 根据研究对象的特点，结合国家标准规定的要求，与实验数据相结合。比如，对车轮有限元分析模型，有许多边界参数可参考 QC/ T212 – 1996 标准的要求，同时结合铝车轮制造有限公司的实验数据取得。

（2）网格形状

对于平面网格而言，可以选择三角形网格和抛物线网格。对于三维网格，可以选择的网格形状有四面体与混合网格。选择网格形状，很大程度上取决于计算所使用的分析类型。例如，线性分析和非线性分析对网格形状要求不一样，模态分析和应力分析对网格形状的要求也不同。

（3）网格维数

在网格维数方面，一般有三种方案可供选择。一是线性单元，有时也称为低阶单元。其形函数是线性形式，表现在单元结构上，可以用是否具有中间节点来判断是否是线性单元。无中间节点的单元即线性单元。在实际应用中，线性单元的求解精度一般来说不如阶次高的单元，尤其是要求峰值应力结果时，低阶单元往往不能得到比较精确的结果。第二种是二次单元，有时也称为高阶单元。其形函数是线性形式，表现在单元结构上，带有中间节点的单元即二次单元。如果要求得到精确的峰值应力结果，高阶单元往往更能够满足要求。而且，一般来说，二次单元对于非线性特性的支持比低阶单元要好，如果求解涉及较复杂的非线性状态，则选择二次单元可以得到更好的收敛特性。第三种是选择所谓的 p 单元，其形函数一般是大于 2 阶的，但阶次一般不会大于 8 阶。这种单元应用局限性较大，这里就不详细讲述了。

3. 网格划分工具

若要创建网格，可以在菜单栏中执行【Simulation】|【网格】|【生成】命令，或者在 Simulation 算例树中，右击【网格】项目并选择【生成网格】命令，即可打开【网格】属性面板，如图 9-44 所示。

如果需要在模型中创建不同单元大小的网格，可以使用【应用网格控制】工具，打开如图 9-45 所示的【网格控制】属性面板。可以选择模型上的面、边线、顶点或装配体中的某个零组件，分别设置不同的网格密度。



图 9-44 【网格】属性面板



图 9-45 【网格控制】属性面板

下面通过上机实践操作来演示如何创建1D横梁单元和2D壳体单元，两个实例的源模型相同。

上机操作——创建1D横梁单元

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch09 \ 9－1. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch09 \ 创建1D横梁单元. avi

01 打开本例源文件【9-1. sldprt】，如图9-46所示。

02 单击新算例按钮，新建【静应力分析】算例，如图9-47所示。

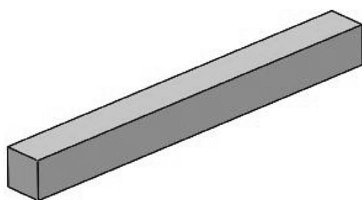


图9-46 分析模型



图9-47 新建算例

03 要创建1D梁单元，必须将模型设为横梁。在Simulation设计树中右击零件（13-1）项目，选择【视为横梁】命令，将3D实体设为1D线性几何，如图9-48所示。

04 1D线性横梁单元需要建立接点（接榫点）。在【结点组】项目位置右击并选择【编辑】命令，然后在打开的【编辑接点】属性面板中单击【计算】按钮，计算模型中是否存在接点，如果存在，将显示在接榫上，如图9-49所示。



图9-48 设为横梁

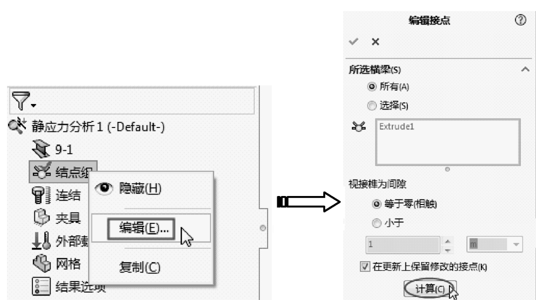
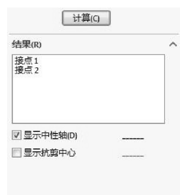


图9-49 编辑并计算接点

05 稍后会把计算结果显示在【结果】列表中，同时在模型上也显示接点，如图9-50所示。单击【确定】按钮，结束操作。

06 执行【生成网格】命令，Simulation自动生成1D横梁单元，如图9-51所示。



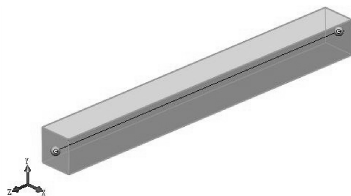


图9-50 查看结果

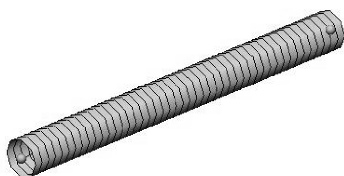


图9-51 自动生成1D横梁单元

上机操作——创建2D壳体单元

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch09 \ 9－2. sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch09 \ 创建2D壳体单元. avi



对于有些机构比较简单的零件，完全可以建立2D壳体单元来替代3D实体单元，以减少分析计算的时间。

01 继续前面案例。右击零件项目并选择【视为实体】命令，将横梁线性几何转换成实体几何，如图9-52所示。

02 转换成实体几何后，原先的1D网格也不复存在。接下来需要创建中性层面。在【曲面】选项卡单击【中面】按钮，选择两个面创建中面，如图9-53所示。

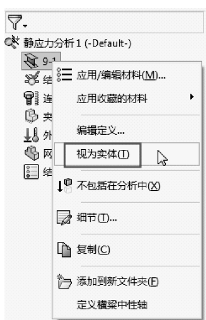


图9-52　转为实体

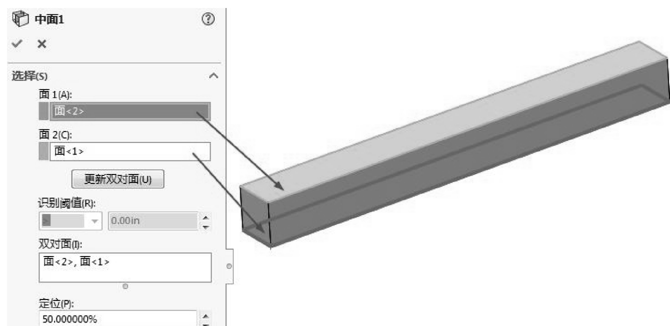


图9-53　创建中面

03 创建中面特征后，在Simulation设计树中可以找到此特征，如图9-54所示。

04 右键选中创建的中面，执行【按所选面定义壳体】命令。在【壳体定义】属性面板中，先选择中面，接着设置壳体厚度0.05mm，单击【确定】按钮，完成壳体定义，如图9-55所示。

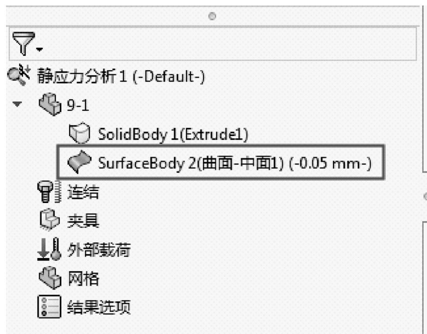


图9-54　查看生成的中面

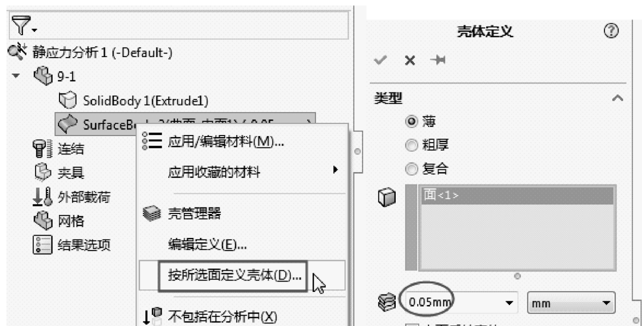


图9-55　定义壳体

05 选中壳体曲面，再执行【生成网格】命令。在【网格】属性面板中设置网格密度为3mm，如图9-56所示。

06 单击【确定】按钮完成平面网格的创建。事实上，由于源模型与中面曲面属于两个实体特征，那么建立的网格也是两种：实体网格和壳体网格，两者合称为“混合网格”，如图9-57所示。

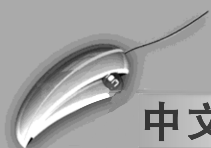




图 9-56　设置网格密度图

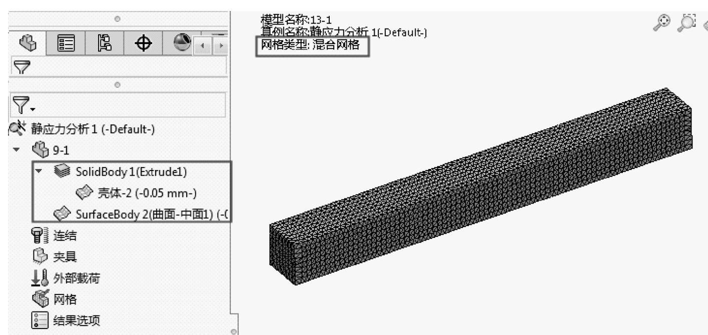


图 9-57　创建混合网格

07　此时，我们需要对实体网格和壳体网格进行取舍。如果要用实体网格，则在 Simulation 设计树中，右击壳体网格并选择【不包括在分析中】命令，壳体网格将被压缩，不再用于有限元分析，而只保留实体网格数据，如图 9-58 所示。

08　反之，如果要用壳体网格，则将实体网格设置为【不包括在分析中】，如图 9-59 所示。



图 9-58　压缩壳体网格数据



图 9-59　压缩实体网格数据

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch09 \ 夹钳装配体静应力分析 . sldprt
演示视频路径：\ 视频 \ Ch08 \ 夹钳装配体静应力分析. avi

9.3 有限元分析案例——夹钳装配体静应力分析

本节将通过夹钳装配体的静态分析，帮助用户熟悉装配体静态分析的一般步骤和方法。

夹钳装配体模型由四部分组成：两只相同的钳臂、一个销钉和夹钳夹住的螺钉，如图9-60所示。

本例的目的是计算当一个300N的压力作用在夹钳臂末端时钳臂上的应力分布。分析时，将零部件【螺钉】压缩，钳口处用【平行】配合并添加【固定几何体】的夹具约束，来模拟平板被夹住时的情形，如图9-61所示。本例中夹钳材料为45钢，屈服强度为355MPa，设计强度为150MPa，大约为材料屈服强度的42%。

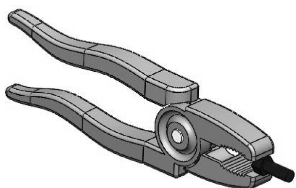


图9-60　夹钳装配体

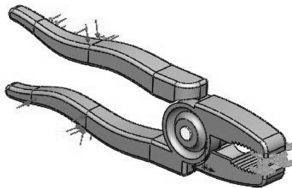


图9-61　添加载荷与约束后的夹钳

1. 建立算例

01　打开【pliers. SLDASM】夹钳装配体文件，然后将零部件【bolt. sldprt】压缩，如图9-62所示。

02　单击【新算例】按钮 新算例，创建名为【静应力分析1】的静态算例，如图9-63所示。

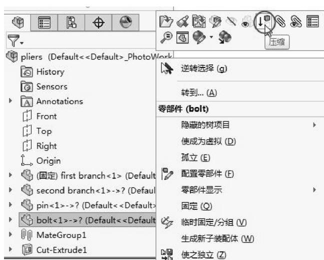


图9-62　压缩零件

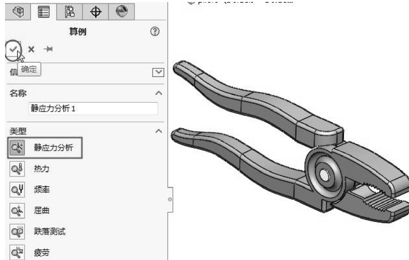


图9-63　新建算例

2. 应用材料

本例给夹钳的所有零件指定相同的材料。

01　在Simulation设计树中右击【零件】项目图标，在弹出的快捷菜单中选择【应用材料到所有】命令，弹出【材料】对话框。

02　在【SolidWorks GB materials】材料库中选择【碳素钢】的【45】碳钢材料，如图9-64所示（前面已经介绍如何使用自定义的材料库）。

03　单击【应用】按钮，应用材料到整个装配体零部件。



图9-64　指定材料

3. 添加约束和接触

01 在夹钳的两个钳口表面上添加【固定几何体】的约束条件，该约束条件能模拟出平板零件的作用，假定夹钳夹紧时平板无滑移，如图 9-65 所示。

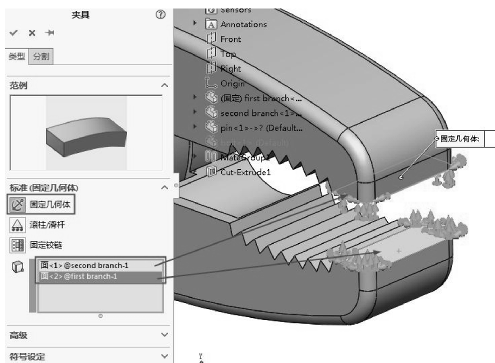


图 9-65　为钳口添加【固定几何体】约束

技巧点拨	如果在新建算例时，Simulation 设计树的【连结】项目下就自动生成了零部件接触，则要把它删除，重新创建零部件接触。如果不删除，会影响到分析的成功。

02 为了允许模型因加载而产生变形时钳臂有相对的移动，应该设定全局接触条件为【无穿透】。右击【连结】图标，在弹出的快捷菜单中选择【零部件接触】命令，弹出【零部件接触】属性面板。选择装配体模型作为接触对象，在【零部件接触】中设置如图 9-66 所示的参数。

4. 添加载荷

右击 Simulation 设计树中的【外部载荷】图标 外部载荷，在弹出的快捷菜单中选择【力】命令，弹出【力/扭矩】属性面板。选择法向，设置力的大小为 300N，如图 9-67 所示。



图 9-66　设置全局接触

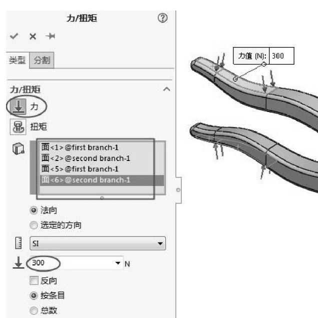


图 9-67　添加载荷

5. 划分网格

由于装配体中零件几何尺寸差别很大，因此装配体分析时需要对个别零部件使用网格控制。本例中需要对【销】进行网格控制。

01 在 Simulation 设计树中右击【网格】图标 网格，在弹出的快捷菜单中选择【生成网格】命令，弹出【网格】属性面板。

02 设置网格大小为2.5mm，单击【确定】按钮，完成网格划分，如图9-68所示。

03 从生成的网格看，网格划分并不均匀，如图9-69所示。需要将模型简化，再重新生成网格。



图9-68　设置网格参数

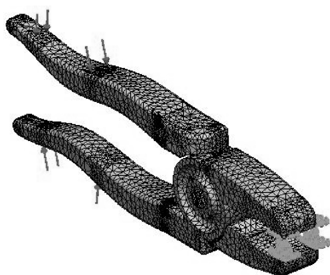


图9-69　生成网格

04 在Simulation设计树中右击【网格】图标 网格，在弹出的快捷菜单中选择【为网格化简化模型】命令，弹出【简化】任务窗格，如图9-70所示。

05 在【特征】列表中勾选【圆角】和【倒角】选项，输入【简化因子】为1，单击【现在查找】按钮，查找装配体中所有的圆角和倒角特征，并将结果列出，如图9-71所示。



图9-70　【简化】任务窗格



图9-71　查找装配体中圆角和倒角

06 勾选【所有】复选框，选择所有列出的结果，单击【压缩】按钮，将这些圆角和倒角特征压缩，得到如图9-72所示的新装配体。

07 编辑外部载荷的【力】，重新选择受力面，但是受力面太大了，会影响到分析效果，因为不可能在钳子前端施加作用力，因此需要将面重新分割，如图9-73所示。

08 在模型树中，依次对第一个零部件和第二个零部件进行编辑：绘制草图曲线，创建分割线，得到如图9-74所示的效果。

09 编辑外部载荷，重新选择受力面，如图9-75所示。

10 最后重新生成网格，得到比较理想的网格密度，如图 9-76 所示。

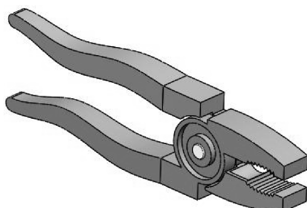


图 9-72 简化的模型

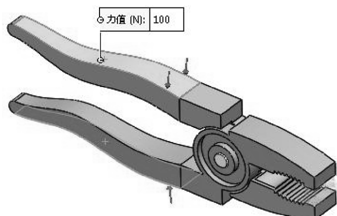


图 9-73 需要分割的面

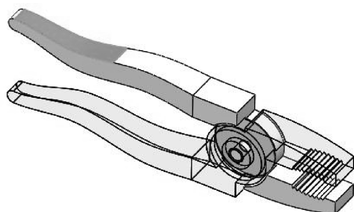


图 9-74 创建分割线

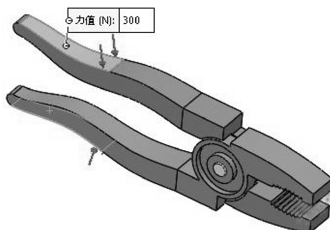


图 9-75 重新编辑外部载荷

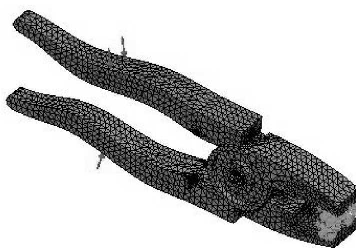


图 9-76 重新生成网格

6. 运行分析与结果查看

01 右击 Simulation 设计树的【静应力分析 1】图标，在弹出的快捷菜单中选择【运行】命令 运行(R)，运行算例，如图 9-77 所示。

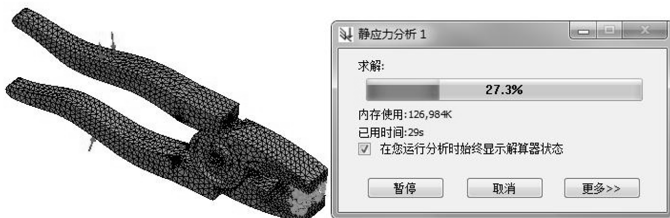


图 9-77 运行算例

02 经过一段时间的分析后，在 Simulation 设计树【结果】节点项目下列出了应力、位移和应变分析结果。双击【应力 1】结果 应力1 (-vonMises-)，绘图区会显示 von Mises 应力图解，如图 9-78 所示。

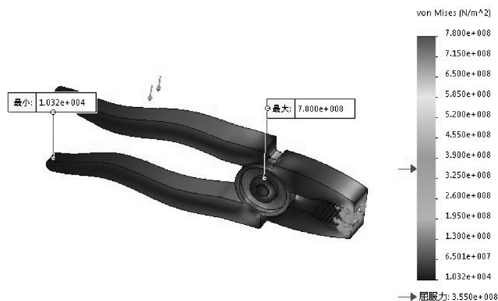


图 9-78 von Mises 应力图解

03 更改图解。右击【应力1】图标，在弹出的快捷菜单中选择【应力图解】命令，弹出【应力图解】属性面板。在【图表选项】选项卡下勾选部分复选框，单击【确定】按钮✔，完成操作，如图9-79所示。

04 随后在图解中可以清楚地看到变形比例及变形效果，如图9-80所示。施加了300N的力，变形还是比较小的，说明钳子本身的强度及刚度是符合设计要求的。

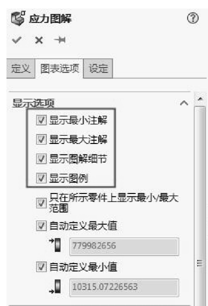


图9-79　设置【图表选项】

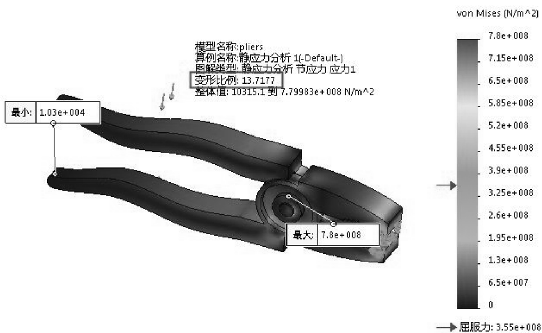


图9-80　查看变形

05 从【位移1】图解中我们可以看出，钳子手柄末端的位移量最大，为1.133mm，如图9-81所示。

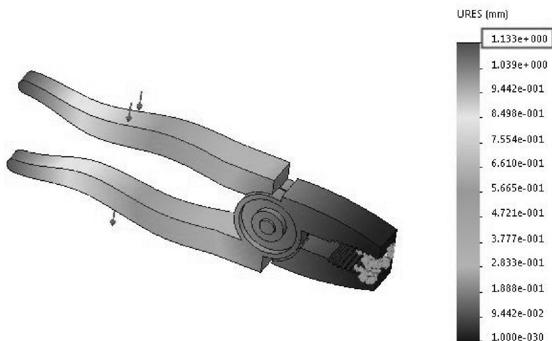


图9-81　位移图解

06 最后保存分析结果。

9.4 课后练习

下面我们利用前一章的钻头夹具装配体中的各部件进行有限元分析。

1. 轴的结构分析

运行SolidWorks Simulation模块的静态分析，得到零件14（轴）在给定材料、受力载荷和约束条件下，各项应力、应变、变形和反作用力等数据。

轴的结构分析结果文件位于【上机操作\结果文件\Ch09\课后练习–结果文件\钻头夹具有限元分析\Part6_ First_ Time. SLDPRT】。

图9-82为轴的应力分析效果图。图9-83为轴的应变分析效果图。

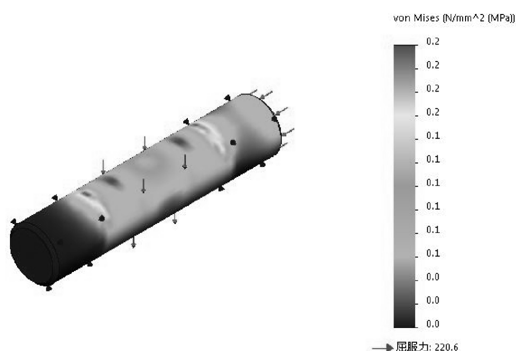


图 9-82　轴的应力分析

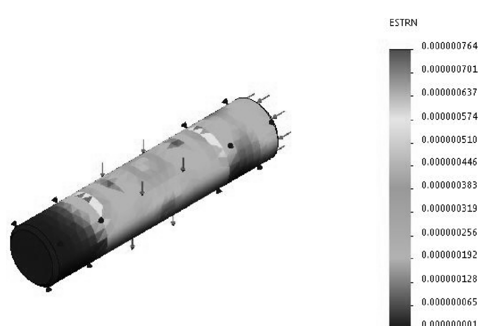


图 9-83　轴的应变分析

2. 底座零件的结构分析

底座零件使用材料为灰铸铁。底座分析完成的结果文件位于【上机操作 \ 结果文件 \ Ch09 \ 课后练习－结果文件 \ 钻头夹具有限元分析 \ Part1_ First_ Time. SLDPRT】。

图 9-84 为底座零件的应力分析图。图 9-85 为底座零件的位移分析图。



图 9-84　底座零件应力分析

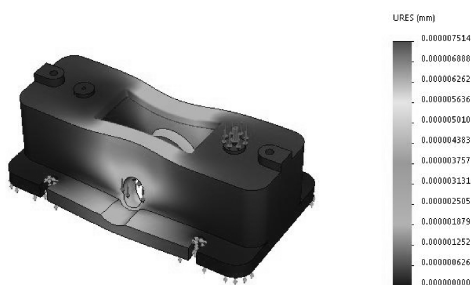


图 9-85　底座零件位移分析

3. 摇摆本体的结构分析

摇摆本体的结构分析材料为 QT400－18 球墨铸铁。摇摆本体结构分析完成文件位于【上机操作 \ 结果文件 \ Ch09 \ 课后练习－结果文件 \ 钻头夹具有限元分析 \ Part2_ First_ Time. SLDPRT】。

图 9-86 为摇摆本体的应力分析图。图 9-87 为摇摆本体的位移分析图。

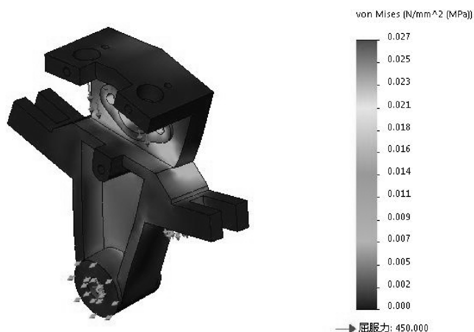


图 9-86　摇摆本体应力分析

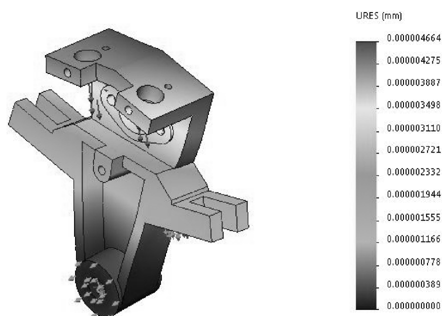


图 9-87　摇摆本体位移分析

第 10 章

工程图设计



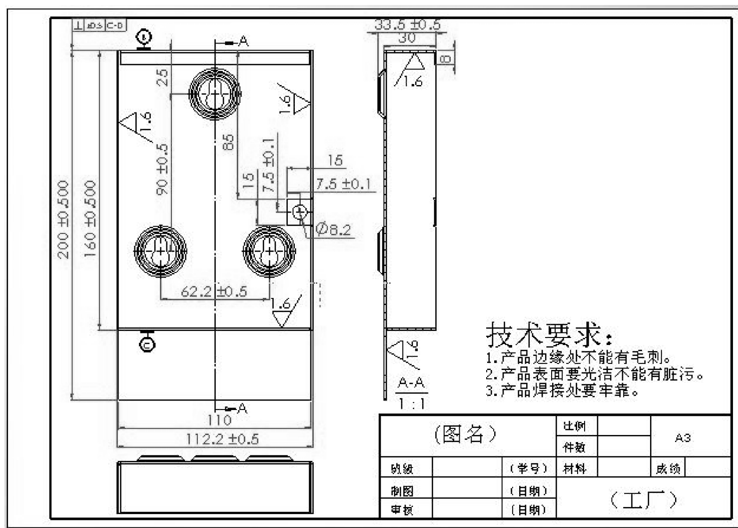
本章导读

工程图是表达设计思想，也是加工制造、检验、调试、使用、维修等方面的主要依据。工程图由一组视图、尺寸、技术要求和标题栏及明细表四部分内容组成。



案例展现

ANLIZHANXIAN

案　例　图	描　　述
	挂墙式分光模块盒体的工程图包括一组视图、尺寸和尺寸公差、形位公差、表面粗糙度和一些必要的技术说明等

10.1 SolidWorks 工程制图概述

SolidWorks 可以为 3D 实体零件和装配体创建 2D 工程图。SolidWorks 的工程图文件由相对立的两部分组成，即图纸格式和图纸，图纸格式在底层，图纸在上层。图纸格式通常用于设置图纸中固定的内容，如图纸的大小、图框格式、标题栏，也可以加入注释文字。图纸是用来建立工程视图、绘制几何元素、添加注释文字的。



10.1.1 设置工程图环境

不同的系统选项和文件属性设置将生成不同的工程图文件内容，因此在工程图绘制前，首先要进行系统选项和文件属性的相关设置，要符合工程图设计的要求。

1. 工程图的系统选项设置

进入工程图环境后，在菜单栏中执行【工具】|【选项】命令，弹出【系统选项】对话框。设置工程图的选项，如图 10-1 所示。工程图的其他系统选项可在【显示类型】、【区域剖面线/填充】选项面板中设置。



图 10-1 【系统选项】对话框

- 显示类型：设置工程视图显示模式和相切边线显示，如图 10-2 所示。
- 区域剖面线/填充：设置区域剖面线的剖面线或实体填充、阵列、比例及角度，如图 10-3所示。

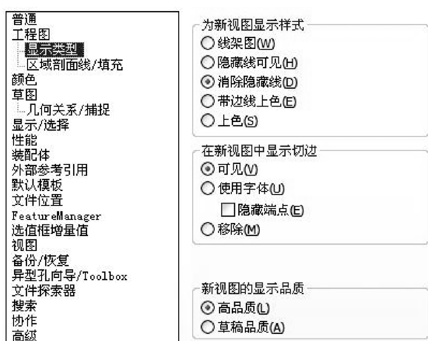


图 10-2　工程图的【显示类型】设置

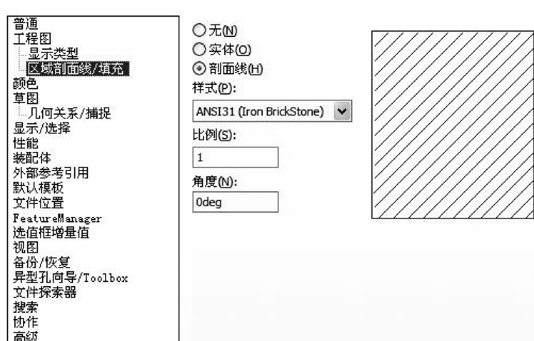


图 10-3　工程图【区域剖面线/填充】设置

2. 工程图的属性设置

在【系统选项】对话框中单击【文件属性】标签，再单击【出详图】选项。【出详图】选项面板中各种显示和更新选项，如图 10-4 所示。



图 10-4　【出详图】选项面板

工程图的其他文件属性可在【DimXpert】【尺寸】【注释】【零件序号】【箭头】【虚拟交点】【注解显示】【注解字体】【表格】和【视图】选项面板中设置。

（1）设置投影类型

投影的类型有两种：【第一视角】和【第三视角】。在国际上用得比较多的是第三视角，但是中国大多数采用第一视角。

转换投影类型的过程如下。

在 FeatureManager 设计树中右键单击【图纸1】，在弹出的快捷菜单中选择【属性】命令，弹出【图纸属性】对话框，在【图纸属性】选项卡的【投影类型】选项区选择【第一视角】单选按钮，单击【应用更改】按钮，如图 10-5 所示。



图 10-5　修改图纸属性

（2）切换到编辑图纸格式状态

在设计过程中时常需要修改图纸的格式，要修改图纸的格式，就要切换到编辑图纸格式状态。要进入编辑图纸格式状态，只需在 FeatureManager 设计树中右击【图纸 1】，在弹出的快捷菜单中选择【编辑图纸】命令，如图 10-6 所示，即可切换到编辑图纸格式状态。

技巧点拨	若想将编辑后的图纸格式保存，则执行【文件】|【保存图纸格式】菜单命令即可，如图 10-7 所示。

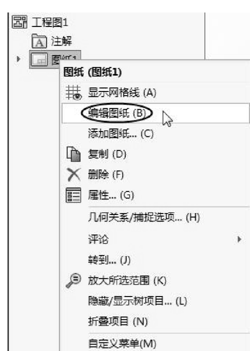


图 10-6　编辑图纸格式

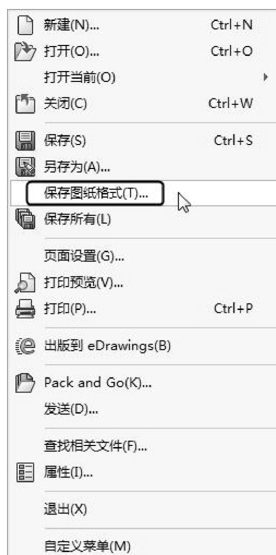


图 10-7　保存图纸格式

 10.1.2　建立新图形

工程图包含一个或多个由零件或装配体生成的视图。在生成工程图之前，必须先保存与它有关的零件或装配体。可以从零件或装配体文件内生成工程图。工程图文件的扩展名为 . slddrw。新工程图使用所插入的第一个模型的名称，该名称出现在标题栏中。当保存工程图时，模型名称作为默认文件名出现在【另存为】对话框中，并带有默认扩展名 . slddrw。

1. 从零件或装配体文件内生成工程图

从零件或装配体文件内生成工程图的操作过程如下。

01 单击菜单栏中【文件】|【从零件制作工程图】命令，或者单击【文件】|【从装配体制作工程图】命令。

02 保存当前零件或装配体文件后，会打开【新建 SOLIDWORKS 文件】对话框。选择【工程图】类型并单击【确定】按钮，如图 10-8 所示。

03 在随后弹出的【图纸格式/大小】对话框中选择图纸格式和大小，如图 10-9 所示。

04 从【视图调色板】面板中可将视图拖到工程图图纸中，【视图调色板】面板如图 10-10所示。

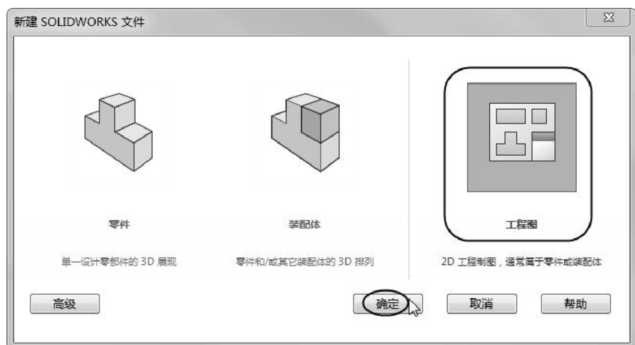


图 10-8 创建工程图文件



图 10-9 设置图纸格式、大小

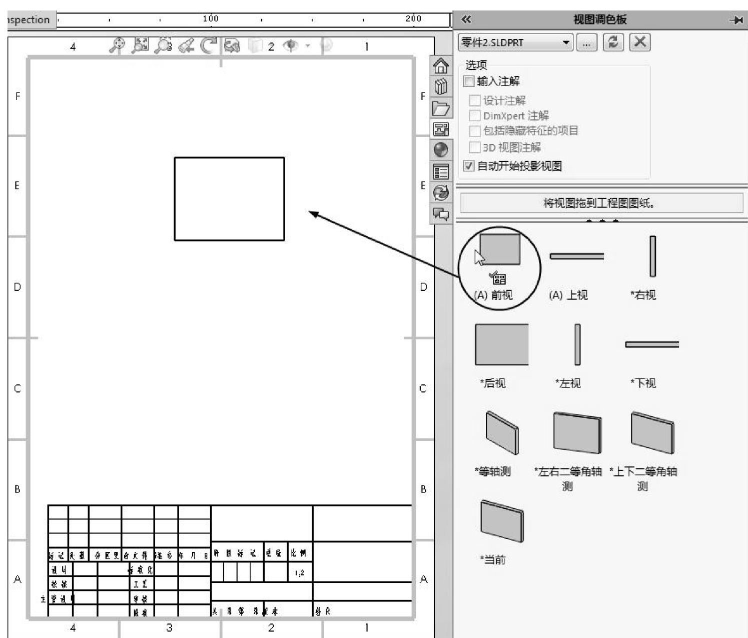


图 10-10 【视图调色板】面板

2. 生成新的工程图

生成新的工程图的操作过程如下。

01 执行【文件】|【新建】菜单命令，或单击【标准】选项卡中【新建】按钮。

02 在【新建 SOLIDWORKS 文件】对话框中选择【工程图】类型，然后单击【确定】按钮。

03 在【图纸格式/大小】面板中选择图纸格式和大小，然后单击【确定】按钮。

04 在模型视图属性面板中从打开文件选择一模型，或浏览到零件或装配体文件。

05 在属性面板中指定选项，然后将视图放置在图形区域中。

3. 建立多张工程图

根据设计的需要，可以在一个工程图文件中包含多张工程图纸。

添加图纸的方法其实很简单，只需在图纸的空白处单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中

选择【添加图纸】命令，如图 10-11 所示，在操作界面的左下角即会新增加一张图纸，如图 10-12所示。



图 10-11　选择【添加图纸】命令

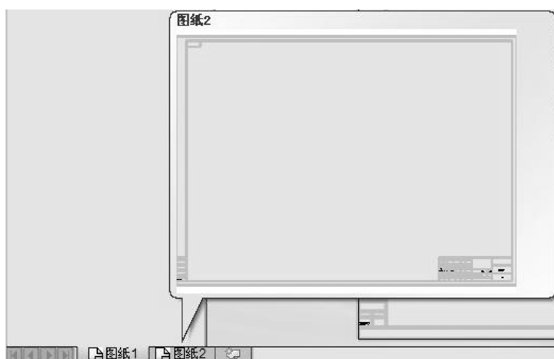


图 10-12　建立多张工程图

技巧点拨	新添加的图纸格式将默认采用原来图纸的图纸格式。



10. 1. 3　图纸格式

工程图图纸格式，包括工程图的图幅大小、标题栏设置、零件明细表定位点等工程图中保持相对固定的文件。

新建一张图纸格式操作过程如下。

01 执行【文件】|【新建】菜单命令，或单击【标准】选项卡中【新建】按钮。

02 在【新建 SOLIDWORKS】对话框中选择【工程图】类型，然后单击【确定】按钮。

03 在【图纸格式/大小】面板中提供了两个选项用于选择图纸格式，即【标准图纸大小】和【自定义图纸大小】，在【标准图纸大小】选项区中系统提供了所有图纸的大小，在【自定义图纸大小】选项区中，可以根据设计的需要自己设计图纸的宽度和高度，如图 10-13 所示。



图 10-13　【图纸格式/大小】对话框

10.2 建立工程图



一个完整的工程图可以包括一个或几个通过模型建立的标准视图，也可以在现有标准视图的基础上建立其他派生视图。

标准视图是根据模型不同方向的视图建立的视图，标准视图依赖于模型的放置位置。通常开始一个工程图的标准工程视图为标准三视图、模型视图、相对视图和预定义的视图。



10.2.1　建立三视图

利用标准三视图可以为模型同时生成 3 个默认正交视图，即主视图、俯视图和左视图。主视图是模型的【前视】视图，俯视图和左视图分别是模型在相应位置的投影。三个视图有固定的对齐关系。上视可以竖直移动，侧视可以水平移动。俯视图和侧视图与主视图有对应关系。用户可通过以下方法生成标准三视图。

1. 使用标准方法生成标准三视图

01 在【视图布局】选项卡中单击【标准三视图】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【工程图视图】|【标准三视图】命令。弹出【标准三视图】面板，如图 10-14 所示。指针变为。

02 在【标准三视图】面板中的【要插入的零件/装配体】选项区中，选取一个文档，或者单击【浏览】按钮找出文档。

03 单击【确定】按钮，生成标准三视图，如图 10-15 所示。



图 10-14　【标准三视图】面板

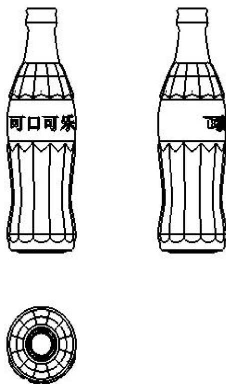


图 10-15　生成标准三视图

2. 在开始新的工程图文档时生成标准三视图

01 打开新工程图，在【模型视图】属性面板中要插入的零件/装配体下，选取一个文档，或者单击【浏览】按钮找出文档。

02 在模型视图属性面板中【方向】选项区单击【前视】、【上视】和【左视】按钮，如图 10-16 所示。

03 单击【确定】按钮，生成标准三视图，如图 10-17 所示。

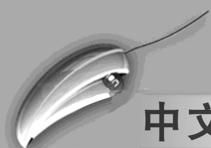




图 10-16　在【模型视图】面板选择视图

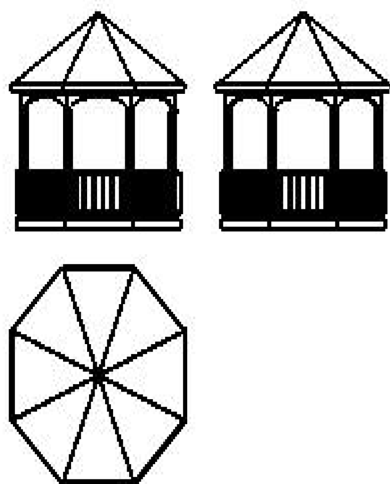


图 10-17　新的工程图文档生成标准三视图



10.2.2　模型视图

将一模型视图插入到工程图文件中时，出现【模型视图】属性面板。

1. 将模型视图插入到工程图中

01 单击【视图布局】选项卡中【模型视图】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【工程图视图】|【模型】命令。

02 在【模型视图】属性面板中设定选项，如图 10-18 所示。

03 单击【下一步】按钮。此时也可单击标准三视图来插入所选模型的标准三视图。

04 在【模型视图】属性面板中设定额外选项，如图 10-19 所示。



图 10-18　设定【模型视图】选项



图 10-19　设定【模型视图】额外选项

2. 改变模型视图的方向

01 选取一个模型视图。

02 在属性面板中选择不同视向。



10.2.3　建立剖视图



剖视图用于表达零部件的内部结构。生成剖视图前，必须在工程图中绘制出相应的剖切路径，在执行剖视图命令时，系统将依照制定的剖切路径，生成相应的剖视图。所绘制的路径可以是一条直线段、相互平行的线段，也可以是圆弧。在 SolidWorks 工程图中，可以创建的剖视图为【全剖面视图】【旋转剖视图】和【断开的剖视图】。

1. 全剖面视图

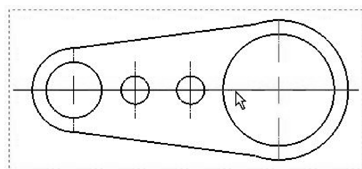
可以用一条剖切线分割父视图，在工程图中生成剖面视图。全剖面视图可以是直切剖面，也可以是用阶梯剖切线定义的等距剖面。剖切线还可以包括同心圆弧。生成全剖面视图过程如下。

01 单击【视图布局】选项卡中【剖面视图】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【工程图视图】|【剖面视图】命令。

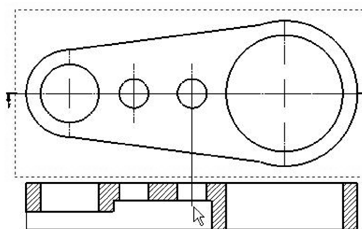
02 打开【剖面视图辅助】属性面板，直线工具被激活，绘制剖切线。

03 单击以放置视图，自动创建剖面视图 A – A。如有必要，可编辑视图标号或字体样式，更改视图对齐。

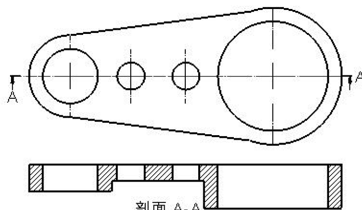
从一视图生成剖面视图的过程如图 10-20 所示。



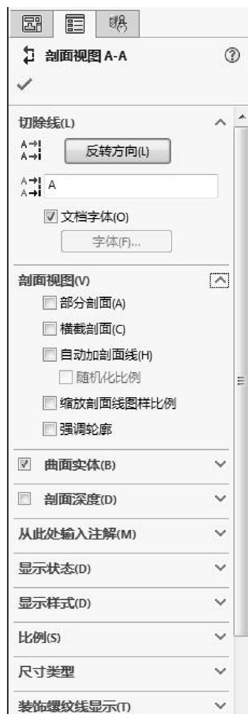
在模型视图中绘制中心线并选择中心线



剖面视图预览

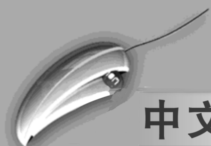


剖面视图



剖面视图属性设置

图 10-20　生成剖面视图



2. 旋转剖视图

可以在工程图中生成贯穿模型或是局部模型并与所选剖切线线段对齐的旋转剖视图。旋转剖视图与剖面视图相类似，但旋转剖面的剖切线由连接到一个夹角的两条或多条线组成。

可预先选择属于工程图图纸的草图实体以生成旋转剖视图。草图实体不必属于现有工程图视图。生成旋转剖视图过程如下。

01 单击【剖面视图】按钮，打开【剖面视图辅助】属性面板。在【切割线】选项区单击【对齐】类型。

02 绘制旋转的剖切线。剖切线应由有一个夹角的两条连接线组成。如果位于装配体的工程图中，则在【剖面视图】对话框中设定选项。

03 在【剖面视图】属性面板中设定选项。

04 单击以放置旋转剖视图。

从一视图生成旋转视图的过程如图 10-21 所示。

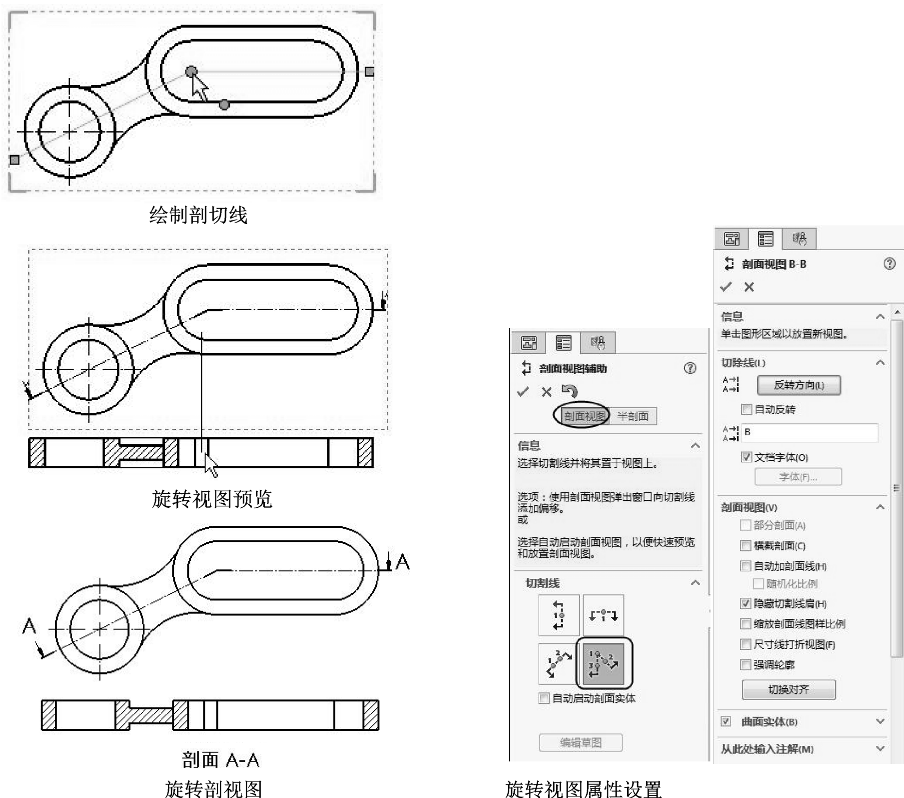


图 10-21　生成旋转视图

技巧点拨	在创建旋转剖视图的时候，先选择斜线后选择水平线与先选择水平线后选择斜线，生成的剖视图将不同，图 10-21 中先选择的是斜线。图 10-22 是先选择水平线的剖视图。

3. 断开的剖视图

断开的剖视图是现有工程视图的一部分，而不是单独的视图。用闭合的轮廓定义断开的剖视图，通常闭合的轮廓是样条曲线。材料被移除到指定的深度以展现内部细节，通过设定数值或在相关视图中选择一条边线来指定深度。不能在局部视图、剖面视图上生成断开的剖视图。生成断开的剖视图过程如下。

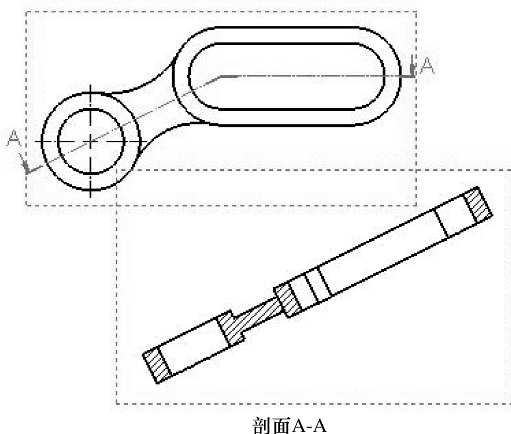


图 10-22　先选水平线后选斜线生成的旋转剖视图

01 单击【视图布局】选项卡中【断开的剖面视图】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【工程图视图】|【断开的剖视图】命令，此时指针变成。

02 如果想要样条曲线以外的轮廓，则在单击断开的剖视图工具以前，生成并选择一闭合轮廓。

03 绘制一封闭的轮廓。

04 在【断开的剖视图】属性面板中设定选项。

05 单击【确定】按钮。

生成断开的剖视图过程如图 10-23 所示。

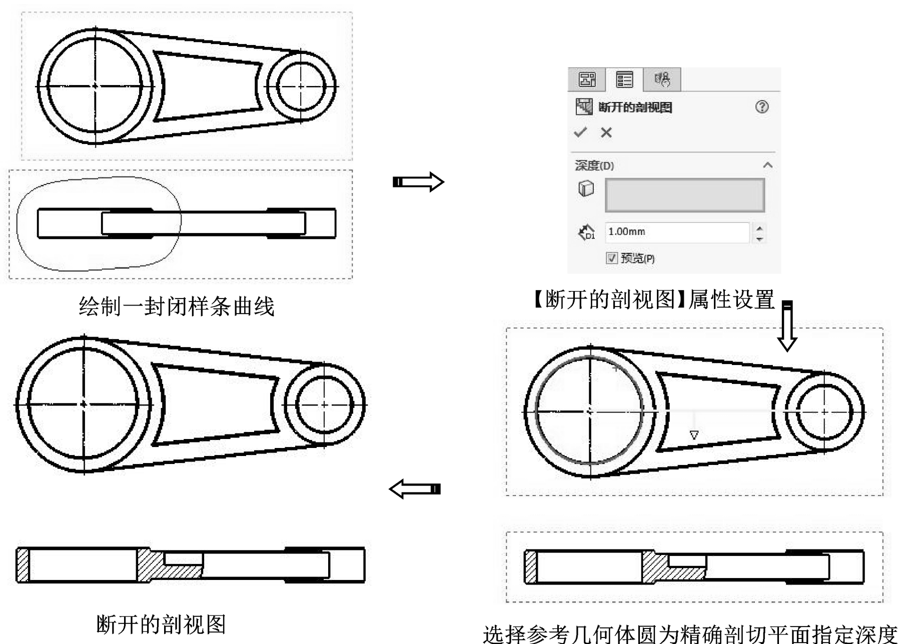


图 10-23　生成断开的剖面视图

 10.2.4 建立投影视图

投影视图是根据已有视图，通过正交投影生成的视图。

投影视图可以采用下列工具生成。

- 标准三视图。前视视图为模型视图，其他两个视图为投影视图，使用在图纸属性中所指定的第一角或第三角投影法。
- 模型视图。在插入正交模型视图时，出现【投影视图】属性面板，这样可从工程图纸上的任何正交视图插入投影的视图。
- 投影视图。从任何正交视图插入投影的视图。

生成投影视图过程如下。

01 单击【视图布局】选项卡中【投影视图】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【工程图视图】|【投影视图】命令。出现【投影视图】属性面板。

02 在图形区域中选择一投影用的视图。

03 如要选择投影的方向，将指针移动到所选视图的相应一侧。当移动指针拖动工程视图时，会显示视图的预览，也可控制视图的对齐。

04 当视图位于所需的位置时，单击以放置视图。投影视图放置在图纸上，与用来生成它的视图对齐。系统默认只能沿投影的方向移动投影视图。

05 单击【确定】按钮✔。

从模型视图插入投影视图过程如图10-24所示。

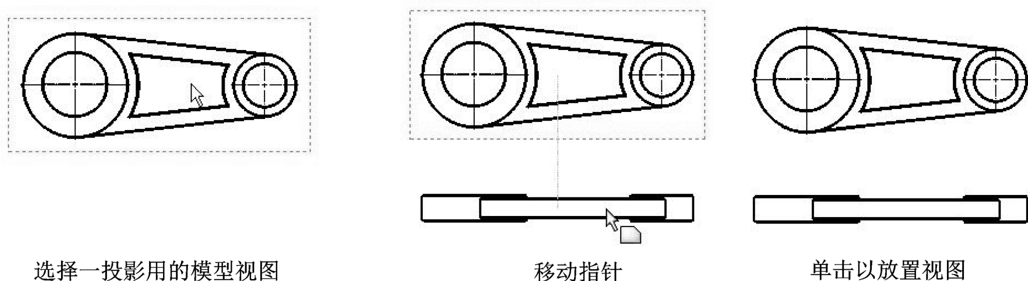


图10-24 生成投影视图

 10.2.5 建立辅助视图

辅助视图的用途相当于机械制图中的斜视图，也是一种投影视图，在恰当的角度上向选定的面或轴进行投影。辅助视图一般用于对某一视图进行补充说明，恰当地使用辅助视图，可以显示零件上的特殊结构。

生成辅助视图过程如下。

01 单击【视图布局】选项卡中【辅助视图】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【工程图视图】|【辅助视图】命令。出现【辅助视图】属性面板。

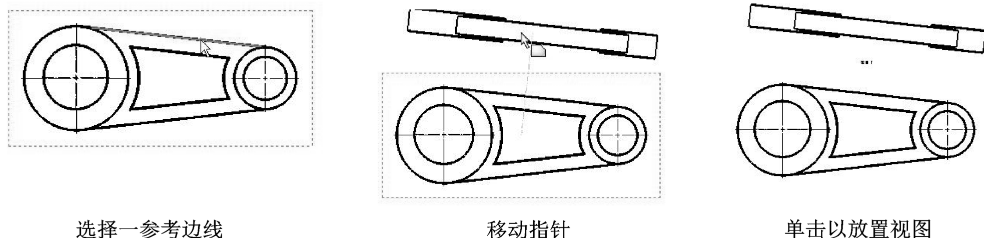
02 选取参考边线。参考边线可以是零件的边线、侧影轮廓边线、轴线或所绘制的

直线。

03 当移动指针拖动视图时，会显示视图的预览。

04 移动光标直到视图到达需要的位置，然后单击以放置视图。如有必要，可编辑视图标号并更改视图的方向。

从模型视图插入辅助视图过程如图 10-25 所示。



选择一参考边线　　移动指针　　单击以放置视图

图 10-25　生成辅助视图

如果使用绘制的直线生成辅助视图，草图将被吸收，这样就不会无意将之删除。当编辑草图时，可以删除草图实体。

编辑绘制的用来生成辅助视图的直线的方法如下。

- 选择辅助视图。
- 在【辅助视图】属性面板中选取箭头。
- 右键单击视图箭头，然后选择【编辑草图】命令。
- 编辑所绘制的直线，然后退出草图。

技巧点拨	辅助视图必须要有一个父视图，父视图以及辅助视图的方向，由所选定的参考来决定。



10.2.6 建立局部放大视图

在工程图中生成一个局部视图来显示一个视图的某个部分，通常是以放大比例显示。

生成局部视图过程如下。

01 单击【视图布局】选项卡中【局部视图】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【工程图视图】|【局部视图】命令。

02 出现【局部视图】属性面板，圆工具被激活。

03 绘制一个圆。

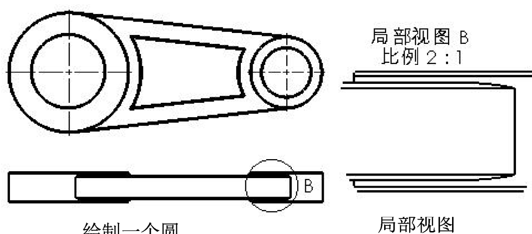
04 当移动指针拖动视图时，会显示视图的预览。

05 当视图位于所需的位置时，单击以放置视图。可根据需要，编辑视图标号和字体样式，也可修改视图。若想移除输入到工程图中的任何草图，将之从特征管理器设计树中删除即可。

从一视图生成局部视图过程如图 10-26 所示。



【局部视图】属性设置



绘制一个圆　　局部视图

图 10-26　生成局部视图

10.3 修改工程图

在工程图设计中，往往要对视图进行修改，如移动视图、旋转视图、删除视图、隐藏和显示视图、改变比例等。

 10.3.1　移动视图

移动视图就是工程图中视图的位置移动，移动到设计所需要的位置。

1. 移动视图

移动视图的步骤如下。

01　选中要移动的视图并单击右键，弹出右键快捷菜单，如图 10-27 所示。

02　将光标移动到【缩放/平移/旋转】命令上，弹出子菜单，如图 10-28 所示。

03　在子菜单中选择【平移】命令，指针变成✥。

04　此时即可对视图进行移动。

05　移动视图之后，单击右键，弹出快捷菜单，在快捷菜单中选择【选择】命令，退出移动操作，如图 10-29 所示。



图 10-27　右键快捷菜单



图 10-28　【缩放/平移/旋转】子菜单



图 10-29　退出移动操作

2. 移动单个视图

移动单个视图的步骤如下。

01 选中需要移动的视图，指针变成，如图 10-30 所示。

02 此时即可对单个视图进行移动，如图 10-31 所示。

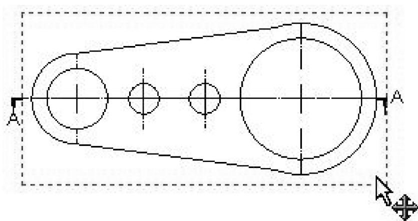
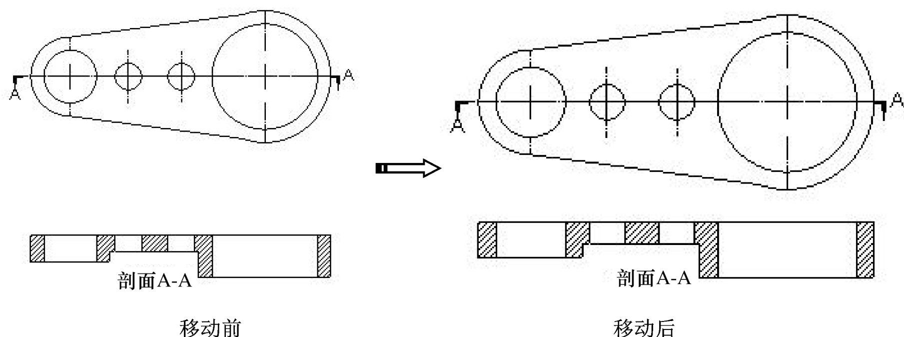


图 10-30　选中要移动的单个视图



移动前　　　移动后

图 10-31　移动单个视图



10. 3. 2　旋转视图

可以旋转视图将所选边线设定为水平或竖直方向，也可以绕视图中心点旋转视图将视图设定为任意角度。

旋转视图的过程如下。

01 选中要旋转的视图并单击右键，在弹出的右键快捷菜单中执行【缩放/平移/旋转】|【旋转视图】命令，指针变成，并弹出【旋转工程视图】对话框，如图 10-32 所示。

02 在【旋转工程图】对话框的【工程视图角度】数值框中输入需要旋转的角度。

03 在【旋转工程视图】对话框中，勾选【相关视图反映新的方向】和【随视图旋转中心符号线】两个复选框。

04 单击【应用】按钮，视图即旋转，如图 10-33所示。



图 10-32 【旋转工程视图】对话框

05 若要退出旋转视图操作，只需单击【旋转工程视图】对话框中的【关闭】按钮即可。



图 10-33　旋转视图

06　勾选【相关视图反映新的方向】和【随视图旋转中心符号线】两个复选框的作用是将相应的视图一起旋转，反之则只旋转所选择的视图，如图 10-34 所示。



图 10-34　未勾选两个复选框的旋转视图结果

技巧点拨	在一般的设计工程中，都要勾选【旋转工程视图】对话框中的两个复选框。



10.3.3　删除视图

删除视图就是把多余的视图或不需要的视图删掉。删除视图的过程如下。

01　右击要删除的视图，在右键快捷菜单中选择【删除】命令，弹出【确认删除】对话框，如图 10-35 所示。

02　在对话框中单击【是】按钮，即可将视图删除。

技巧点拨	若想删除过程中不再弹出【确认删除】对话框，则在【确认删除】对话框中，勾选【以后不要再问】复选框即可。



选择要删除的视图　　选择【删除】命令　　【确认删除】对话框

图 10-35　删除视图



10.3.4　隐藏和显示视图

隐藏视图就是将现有的工程视图隐藏起来。显示视图就是将隐藏的工程视图重新显示出来。

隐藏视图的过程如下。

01　在 FeatureManager 设计树中，选中要隐藏的工程视图。

02　单击右键，弹出【查看】快捷菜单，如图 10-36 所示。

03　在【查看】快捷菜单中，选择【隐藏】命令，即可将视图隐藏。

显示视图的过程如下。

01　在 FeatureManager 设计树中，选中要显示的工程视图。

02　单击右键，弹出【查看】快捷菜单，如图 10-37 所示。

03　在【查看】快捷菜单中，选择【显示】显示，即可将隐藏的视图显示出来。



图 10-36　【查看】快捷菜单

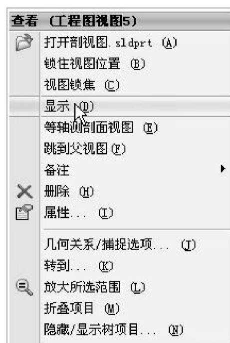


图 10-37　【查看】快捷菜单

技巧点拨	隐藏视图和显示视图是相对的，也就是说，只有显示的视图才能被隐藏；反之，只有隐藏的视图才能再显示。



10.3.5　改变比例

选定图纸的大小建立三视图时，系统会自动根据图纸的大小，对三视图进行比例缩放。生成三视图后，有时需要对视图的比例进行修改。

改变比例的过程如下。

01　在 FeatureManager 设计树中，选中要修改比例的工程视图。

02　单击右键，弹出【查看】快捷菜单，在菜单中选择【编辑特征】命令，如图 10-38 所示。

03　弹出视图的属性面板，在【比例】选项区中选择【使用自定义比例】单选按钮，如图 10-39 所示。

04　可以在下拉列表中选择系统自带的比例值，也可以自己输入

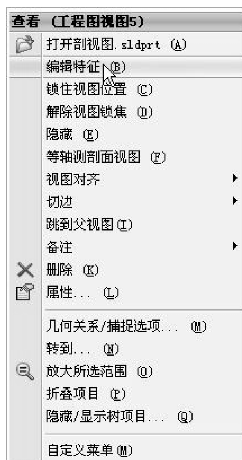


图 10-38　选择菜单命令

比例值。

05 单击【确定】按钮✔，完成比例的修改，如图 10-40 所示。



图 10-39 【比例】选项区

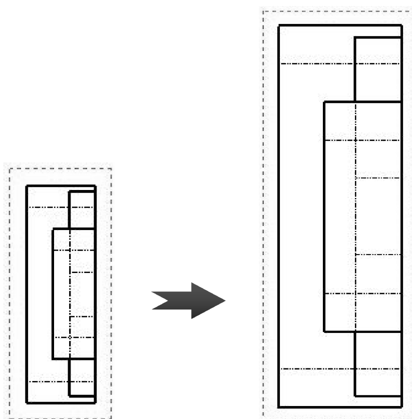


图 10-40 修改比例



10.3.6 修改剖面线

修改剖面线就是对剖面线图样、剖面线图样比例、剖面线图样角度等进行修改。

修改剖面线过程如下。

01 单击要修改的剖面线。

02 弹出【区域剖面线/填充】面板。

03 根据设计的需要，对剖面线图样、剖面线图样比例、剖面线图样角度等进行修改。

04 单击【确定】按钮✔，完成剖面线的修改，如图 10-41 所示。

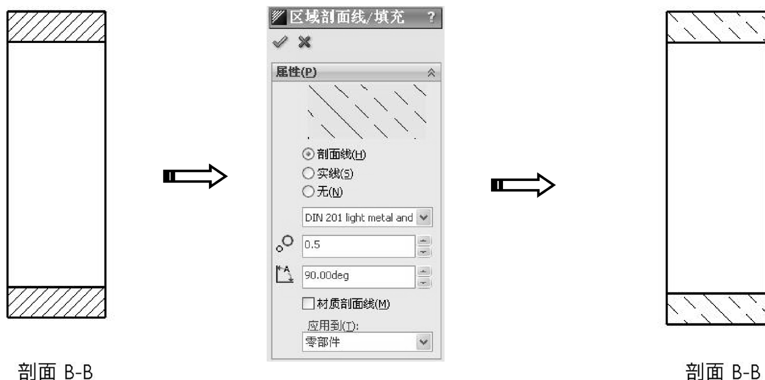


图 10-41 修改剖面线

10.4 尺寸标注和技术要求

工程图中除了包含由模型建立的标准视图和派生视图外，还包括尺寸和注解的标准。



10.4.1　尺寸标注

工程图中的尺寸标注是与模型相关联的，而且模型中的变更会反映到工程图中。通常在生成每个零件特征时即生成尺寸，然后将这些尺寸插入各个工程视图中。在模型中改变尺寸会更新工程图，在工程图中改变插入的尺寸也会改变模型。

系统默认插入的尺寸为黑色，零件或装配体文件中以蓝色显示尺寸（例如拉伸深度），参考尺寸以灰色显示，并带有括号。

将尺寸插入所选视图时，可以插入整个模型的尺寸，也可以有选择地插入一个或多个零部件（在装配体工程图中）的尺寸或特征（在零件或装配体工程图中）的尺寸。

尺寸只放置在适当的视图中。不会自动插入重复的尺寸，如果尺寸已经插入一个视图中，则它不会再插入另一个视图中。

1. 设定尺寸选项

可以设定当前文件中的尺寸选项，也可以在尺寸属性对话框或属性面板中指定文件中特定尺寸的属性。

（1）为当前文件设定选项

执行【工具】|【选项】|【文件属性】|【尺寸】命令，弹出尺寸选项设定对话框，如图 10-42 所示。可以更改选择、等距量、箭头和文字对齐等选项。

（2）在属性面板中设定尺寸的属性

在工程图图形区域中，选择某个尺寸，即出现【尺寸】属性面板，如图 10-43 所示，可更改尺寸公差、精度、箭头样式等。所作更改显示在图形区域中。单击【更多属性】以打开【尺寸属性】对话框，进行更多设置。单击【确定】按钮✓，或在图形区域中单击，以关闭属性面板。

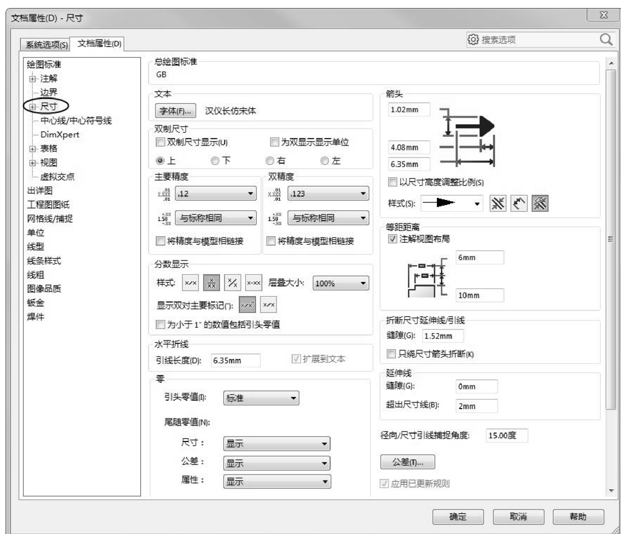


图 10-42　尺寸选项设定对话框



图 10-43　【尺寸】属性面板

2. 自动标注工程图尺寸

可以使用自动标注尺寸工具将参考尺寸作为基准尺寸、链和尺寸链插入工程图视图，还

可以在包含在工程图视图内的草图中使用自动标注尺寸工具。

自动标注工程图尺寸应用方法如下。

01 在工程图文档中，单击【尺寸/几何关系】选项卡中【智能尺寸】按钮，在打开的【尺寸】属性面板中，单击【自动标注尺寸】标签。

02 在【自动标注尺寸】属性面板中设定属性，然后单击【确定】按钮。

3. 参考尺寸

参考尺寸显示模型的测量值，但并不驱动模型，也不能更改其数值。但是当改变模型时，参考尺寸会相应更新。按照默认设置，参考尺寸包括在圆括号中。

可以使用与标注草图尺寸同样的方法添加平行、水平和竖直的参考尺寸到工程图中。添加参考尺寸操作如下。

03 单击【智能尺寸】按钮，或执行【工具】|【标注尺寸】|【智能尺寸】命令。

04 在工程图视图中单击想标注尺寸的项目。

05 单击以放置尺寸。

技巧点拨	按照默认设置，参考尺寸包括在圆括号中。如要防止括号出现在参考尺寸周围，则执行【工具】|【选项】|【文档属性】|【尺寸】命令，在弹出的对话框中取消勾选【添加默认括号】复选框。

4. 插入模型项目

可以将模型文件（零件或装配体）中的尺寸、注解以及参考几何体插入到工程图中。可以将项目插入到所选特征、装配体零部件、装配体特征、工程视图或者所有视图中。当插入项目到所有工程图视图时，尺寸和注解会以最适当的视图出现。显示在部分视图的特征，局部视图或剖面视图时，会先在这些视图中标注尺寸。

（1）将现有模型视图插入到工程图中

01 单击【注解】选项卡中【模型项目】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【模型项目】命令。

02 在【模型项目】属性面板中设定选项。

03 单击【确定】按钮。

（2）操纵模型项目

01 删除。使用删除键来删除模型项目。

02 拖动。使用【Shift】键将模型项目拖动到另一工程图视图中。

03 复制。使用【Ctrl】键将模型项目复制到另一工程图视图。

插入模型项目标注尺寸如图 10-44 所示。

5. 尺寸公差

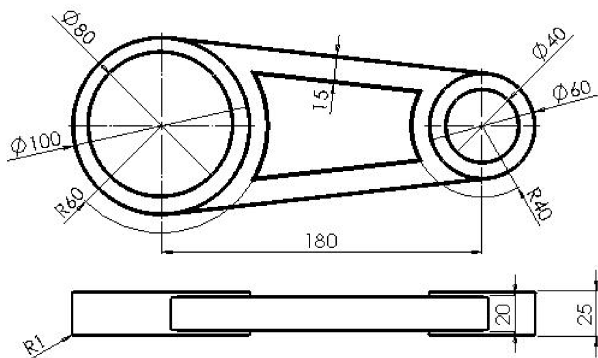
可通过单击【尺寸】选项或【尺寸】属性面板中的公差来打开【尺寸公差】对话框，控制尺寸公差值和非整数尺寸的显示，根据所选的公差类型及是否设定文件选项或应用规格到所选的尺寸，可用选项有所不同。

单击工程视图上一尺寸，在【尺寸】属性面板中设置尺寸公差各选项，如图 10-45 所示。

【尺寸】属性面板中主要选项含义如下。



【模型项目】属性设置



模型项目中尺寸标注工程图

图 10-44　通过插入模型项目标注尺寸

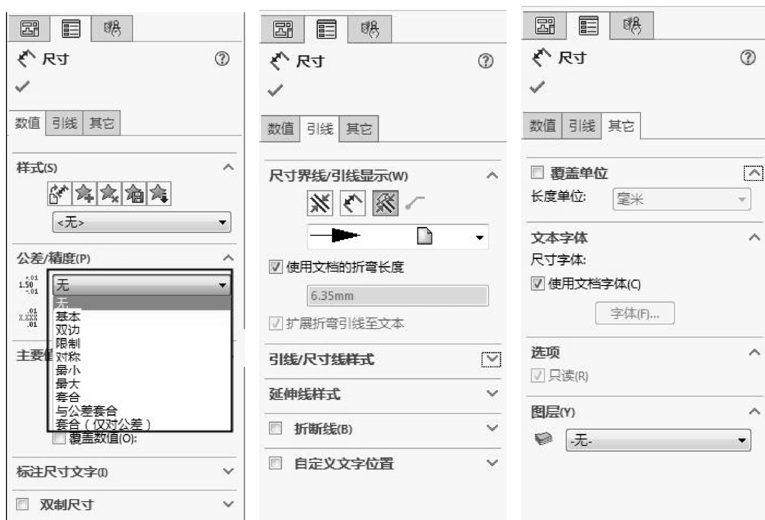


图 10-45　【尺寸】属性面板

（1）公差类型

从公差类型下拉菜单中选择【无】【基本】【双边】【限制】【对称】【最小】【最大】【套合】【与公差套合】和【套合（仅对公差）】之一，公差类型下拉菜单如图 10-46 所示。

（2）公差值

指定适合于所选公差类型的最大变化量+和最小变化量−。

（3）【孔套合】和【轴套合】

孔套合和轴套合只可用于套合、与公差套合或尺寸属性的套合（仅对公差）类型，用于指定公差等级。



图 10-46　公差类型下拉菜单

（4）字体/套合公差字体

指定尺寸公差文字使用的字体。对于套合和与公差套合，套合公差字体可用于孔套合和轴套合文字。

如果不想更改尺寸公差文字的字体大小，则勾选【使用尺寸字体】复选框。

如要更改尺寸公差文字的大小，则取消勾选【使用尺寸字体】复选框并可选择以下一项。

- 字体比例：输入 0 到 10.0 之间的一个数字来调整字体比例。
- 字体高度：输入一个数值指定字体高度。

（5）主要单位精度和公差精度

在【主要单位精度】中设置基本尺寸精度，在【公差精度】中设置尺寸公差精度。

（6）套合公差显示

选择【以直线显示层叠】、【无直线显示层叠】或【线性显示】。



10.4.2 注解的标注

可以将所有类型的注解添加到工程图文件。可以将大多数类型添加到零件或装配体文档，然后插入到工程图文档。在所有类型的 SolidWorks 文档中，注解的行为方式与尺寸相似，可以在工程图中生成注解。注解包括注释、表面粗糙度、形位公差、零件序号、自动零件序号、基准特征、焊接符号、中心符号线和中心线等内容。【注解】选项卡提供了添加注释及符号到工程图、零件或装配体文件的相关工具。

1. 注释

在文档中，注释可以自由浮动或固定，也可带有一条指向某项（面、边线或顶点）的引线。注释可以包含简单的文字、符号、参数文字或超文本链接。

生成注释的过程如下。

01 单击【注解】选项卡中【注释】按钮A，或执行菜单栏中【插入】|【注解】|【注释】命令。

02 在【注释】属性面板中设定选项。

03 如果注释有引线，单击以放置引线。

04 再次单击放置注释，或单击并拖动边界框。

05 生成边界框。在输入文字前单击并拖动边界框。单击以放置注释，然后拖动控标，根据需要调整边界框。

06 输入文字。

07 在【格式化】选项卡中设定选项。

08 在图形区域中注释外单击来完成注释。

09 保持【注释】属性面板打开状态，重复以上步骤，生成所需的注释。

10 单击【确定】按钮。

2. 表面粗糙度符号

可以使用表面粗糙度符号来指定零件面的表面纹理，也可以在零件、装配体或者工程图文档中选择面。

插入表面粗糙度操作过程如下。

01 单击【注解】选项卡中【表面粗糙度】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【注

解】|【表面粗糙度符号】命令。

02 在【表面粗糙度】属性面板中设定属性。

03 在图形区域中单击以放置符号。

04 根据需要单击多次以放置多条引线。

05 可以在属性面板中更改每个符号实例的文字和其他项目。

06 如果符号带引线，单击一次放置引线，然后再次单击以放置符号。

07 单击【确定】按钮✔。

3. 基准特征符号

在零件或装配体中，可以将基准特征符号附加在模型平面或参考基准面上。在工程视图中，可以将基准特征符号附加在显示为边线（不是侧影轮廓线）的曲面或剖面视图曲面上。

插入基准特征符号操作过程如下。

01 单击【注解】选项卡中【基准特征】按钮，或者执行菜单栏中【插入】|【注解】|【基准特征符号】命令。

02 在【基准特征】属性面板中设定选项。

03 在图形区域中单击以放置附加项，然后放置该符号。如果将基准特征符号拖离模型边线，则会添加延伸线。

04 根据需要继续插入多个符号。

05 单击【确定】按钮✔。

4. 形位公差符号

可放置形位公差符号于工程图、零件、装配体或草图中的任何地方，可显示引线或不显示引线，并可附加符号于尺寸线上的任何地方。

生成形位公差符号操作过程如下。

01 在【注解】选项卡中单击【形位公差】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【注解】|【形位公差】命令。

02 在【属性】对话框和【形位公差】属性面板中设定选项。

03 当添加项目时，会显示预览。

04 单击以放置符号。根据需要，多次单击以放置多条引线。如果符号带引线，单击一次放置引线，然后再次单击以放置符号。可在对话框中更改符号每个实例的文字和其他项目。在拖动并放置符号之前，按住【Ctrl】键，注释将停止移动，但引线将延伸，加长引线，按住【Ctrl】键的同时，单击即放置引线。

05 单击【确定】按钮✔。

5. 零件序号

可以在工程图文档中生成零件序号。零件序号用于标记装配体中的零件，并将零件与材料明细表中的序号相关联。

插入零件序号操作过程如下。

01 单击【注解】选项卡中【零件序号】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【注解】|【零件序号】命令，出现【零件序号】属性面板。

02 根据需要编辑属性面板中的属性，然后单击装配体工程视图中的一个零部件，或单击装配体模型中的零部件来放置引线，然后再次单击以放置零件序号。

03 根据需要继续插入零件序号。在插入零件序号前，在属性面板中编辑每个零件序号的属性。

04 单击【确定】按钮✔。



10.4.3 材料明细表

装配体是由多个零部件组成的，需要在工程视图中列出组成装配体的零件清单，这可以通过材料明细表来表述。可将材料明细表插入到工程图中。

将材料明细表插入到工程图中操作过程如下。

01 单击【注解】选项卡中【表格】|【材料明细表】按钮，或执行菜单栏中【插入】|【表格】|【材料明细表】命令，如图 10-47 所示。



图 10-47 选择【材料明细表】菜单命令

02 选择一工程图视图来指定模型。

03 在【材料明细表】属性面板中设定属性，然后单击【确定】按钮✔。

04 如果没有选择附加到定位点，则在图形区域中单击以放置表格。

10.5 转换为 AutoCAD 文档

虽然 SolidWorks 在工程图中有着强大的功能，并在更新的版本中不断改进功能，但目前 AutoCAD 在工程图中仍然占据着极其重要的地位。

SolidWorks 工程图可以很方便地转换为 AutoCAD 的 .dwg 文档。但在转换工程中还是要注意些细节问题，在转换之后将能够尽量减少在 AutoCAD 中的操作步骤，从而高效生成符合要求的工程图文件。

工程图文档的后缀是 .slddrw，AutoCAD 文档的后缀是 .dwg。将工程图文档转换为 Auro-CAD 文档过程如下。

01 将要转换的工程图文档打开。

02 执行【文件】|【另存为】菜单命令，弹出【另存为】对话框，如图 10-48 所示。

03 单击【另存为】对话框中【保存类型】下拉箭头，弹出下拉选项。

04 在下拉选项中选择【Dwg】选项，如图 10-49 所示。

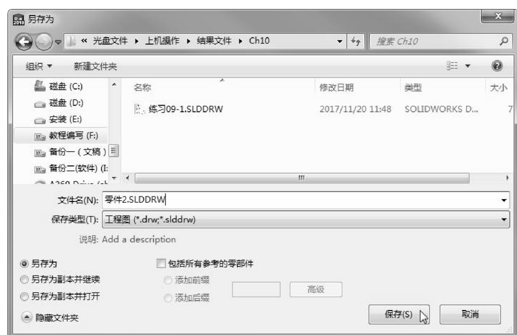


图 10-48　【另存为】对话框



图 10-49　选择【Dwg】选项

05　单击【另存为】对话框中的【保存】按钮。

10.6　工程图案例——挂墙式分光模块盒体工程图

练习文件路径：\ 上机操作 \ 结果文件 \ Ch10 \ 分光模块盒体. SLDDRW
演示视频路径：\ 视频 \ Ch10 \ 挂墙式分光模块盒体工程图. avi

挂墙式分光模块盒体的工程图包括一组视图、尺寸和尺寸公差、形位公差、表面粗糙度和一些必要的技术说明等。

本例练习挂墙式分光模块盒体的工程图绘制，挂墙式分光模块盒体工程图如图 10-50 所示。

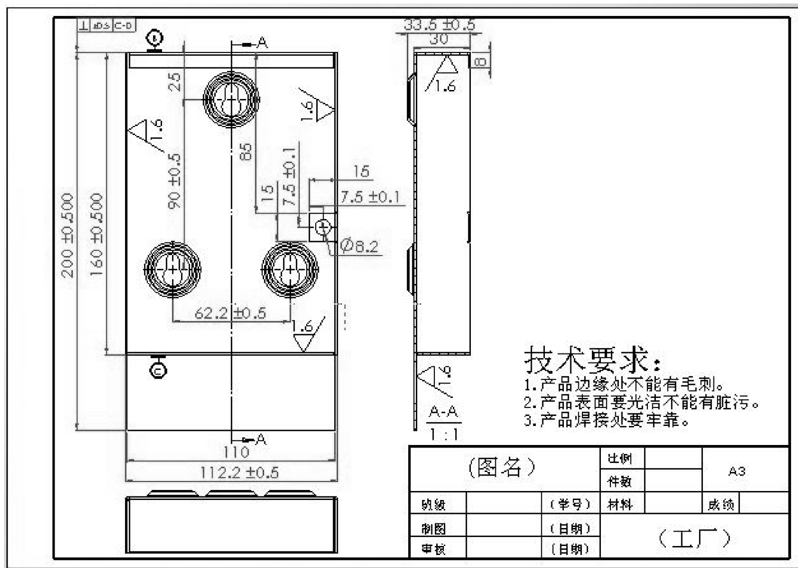
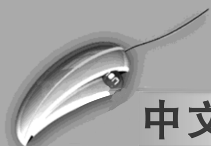


图 10-50　挂墙式分光模块盒体工程图

操作步骤如下。

01　单击【新建】按钮，在【新建 SOLIDWORKS】对话框中选择【工程图】，然后单击【确定】按钮，进入工程图环境中。



02 新建工程图文件时，在【图纸格式/大小】对话框中，选择【自定义图纸大小】单选按钮，如图 10-51 所示。设定图纸宽度为 420，高度为 297，单击【确定】按钮，新的图纸即加入工程图中。

03 在绘图区中单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【编辑图纸格式】命令，进入编辑图纸格式状态。

04 按照 GB/T146890－93 规定的 A3 横放图纸的尺寸，绘制一个去除周边的矩形边框，左下角点坐标为（25，5），右上角点坐标为（415，292），如图 10-52 所示。

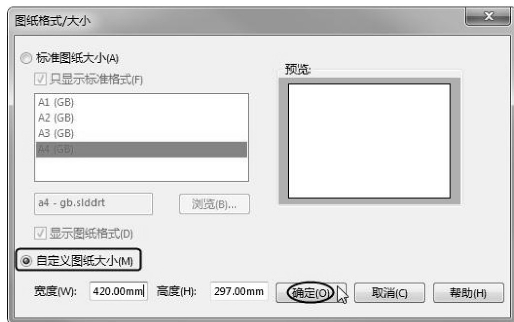


图 10-51 【图纸格式/大小】面板

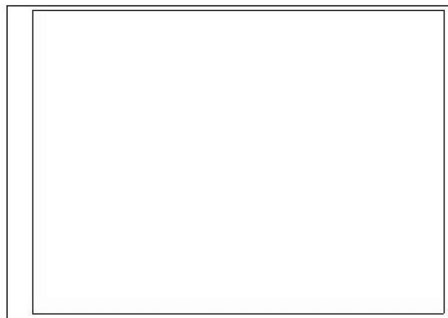


图 10-52 绘制的矩形边框

05 在图框的右下角绘制标题栏，如图 10-53 所示。

06 指定图纸属性。在设计树中选择【图纸格式1】并单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【属性】命令，在【图纸属性】对话框中进行设置，如图 10-54 所示。名称设置为【挂墙式分光模块盒体】，比例设置为 1∶1，投影类型设置为【第一视角】。

(图名)			比例		A3	
			件数			
班级		(学号)	材料		成绩	
制图		(日期)	(工厂)			
审核		(日期)				

图 10-53 绘制标题栏



图 10-54 【图纸属性】对话框

07　单击【视图布局】选项卡中【模型视图】按钮，在【模型视图】属性面板中单击【浏览】按钮，导入模型，如图 10-55 所示。

08　单击属性面板中【下一步】按钮。在【模型视图】属性面板中设定额外选项，如图 10-56 所示。单击【确定】按钮。将模型视图插入到工程图中，如图 10-57 所示。



图 10-55　在【模型视图】中导入模型



图 10-56　在【模型视图】中设定额外选项

09　单击【视图布局】选项卡中【剖面视图】按钮，出现【剖面视图】属性面板，进行设置，如图 10-58 所示，直线工具被激活。

10　绘制剖切线，单击以放置视图。生成剖面视图如图 10-59 所示。

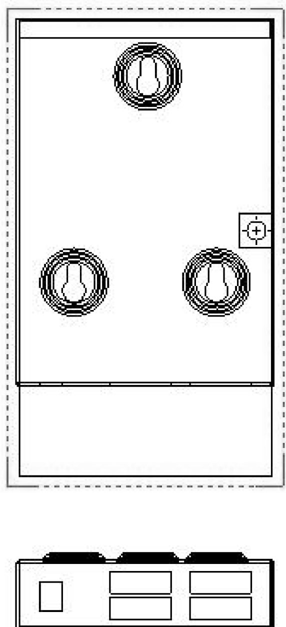


图 10-57　插入到工程图中的模型视图



图 10-58　【剖面视图】属性面板

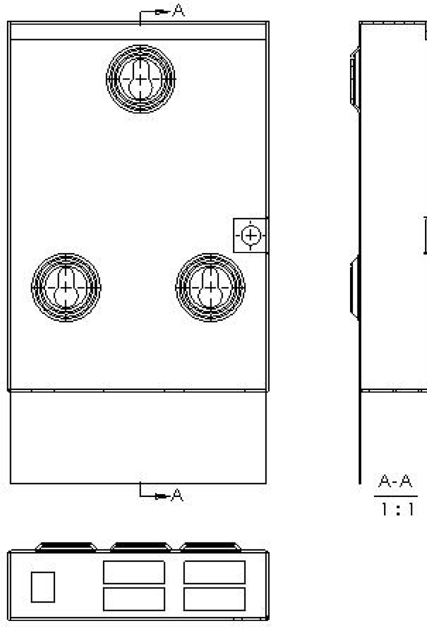
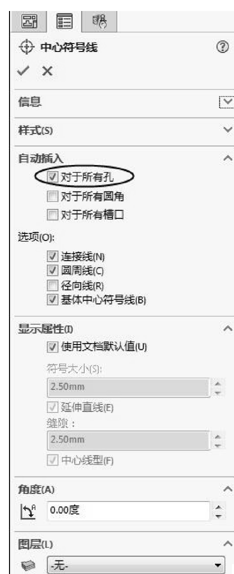
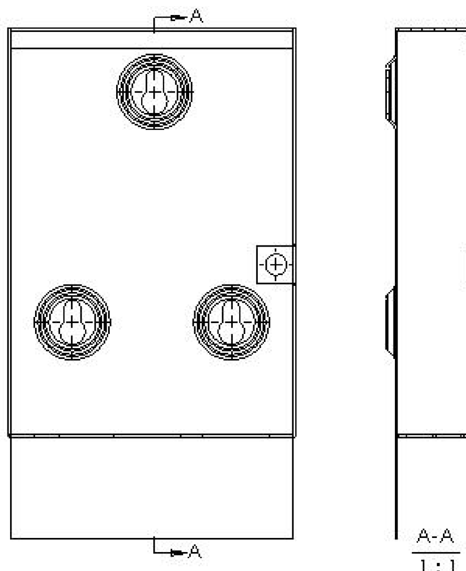


图 10-59　生成剖面视图

11 在【工程图1】中添加中心符号线。单击【注解】选项卡中【中心符号线】按钮⊕，在【中心符号线】属性面板中进行设置，在剖面视图中生成中心符号线，如图10-60所示。



【中心符号线】属性设置



生成中心符号线

图10-60　在剖面视图中生成中心符号线

12 新建图层，操作过程如图10-61所示。

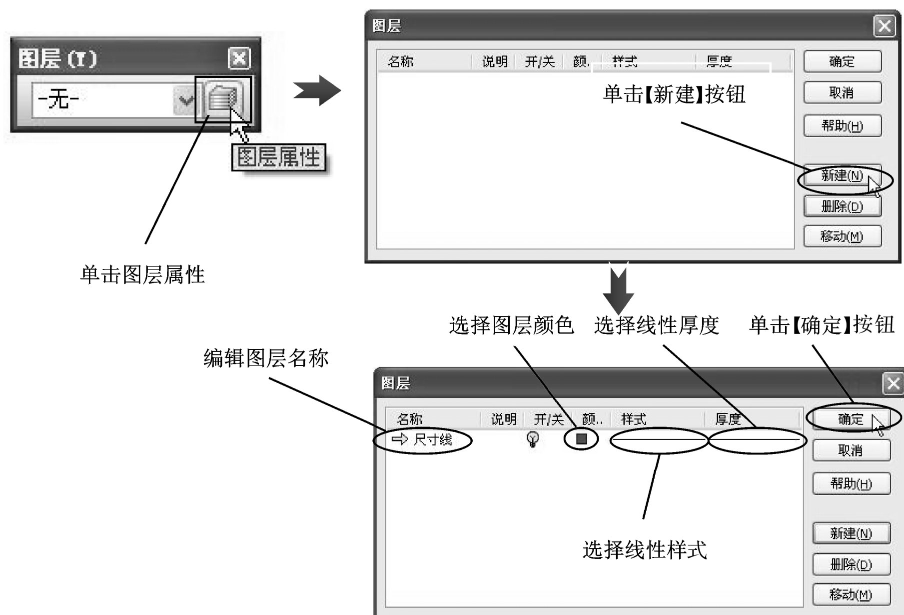
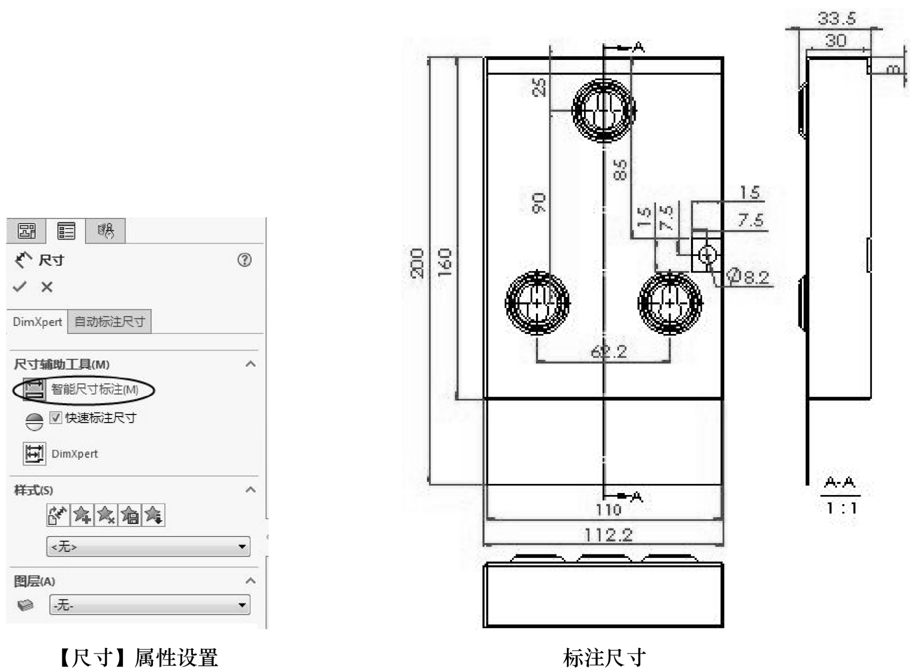


图10-61　新建图层

13 利用智能尺寸标注基本尺寸。单击【注解】选项卡中【智能尺寸】按钮，在【智能尺寸】属性面板中设定选项，标注工程图尺寸，如图 10-62 所示。



【尺寸】属性设置　　　　标注尺寸

图 10-62　标注工程图尺寸

14 标注尺寸公差。单击需要标注公差的尺寸，进行尺寸公差标注，如图 10-63 所示。

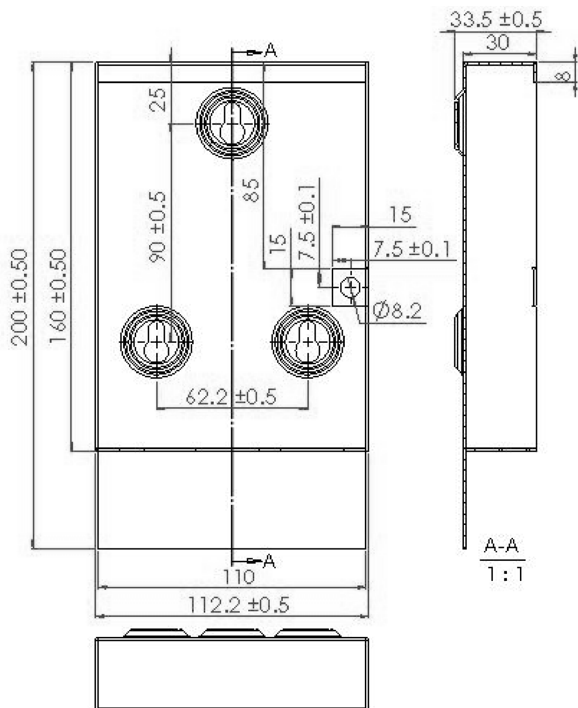
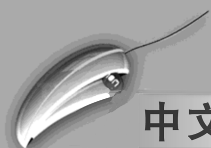


图 10-63　标注尺寸公差



15 标注基准特征。单击【注解】选项卡中【基准特征】按钮，在【基准特征】属性面板中设定选项，如图 10-64 所示。

16 在图形区域中单击以放置附加项，然后放置该符号，根据需要继续插入基准特征符号，如图 10-65 所示。

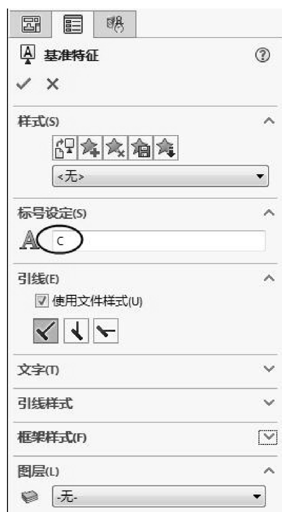


图 10-64 【基准特征】属性面板

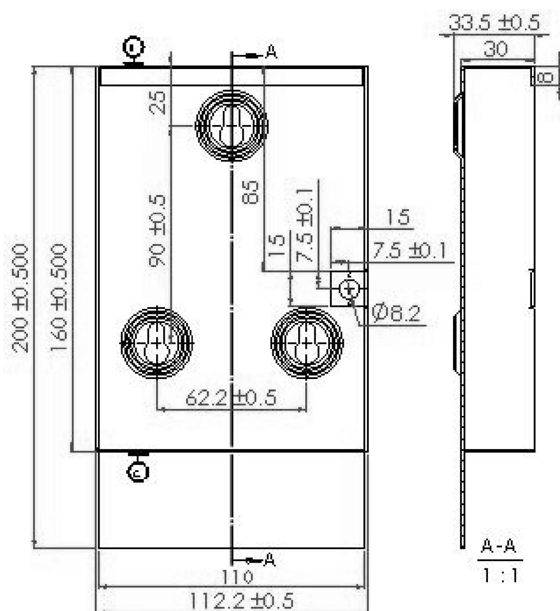


图 10-65 工程图中基准特征符号标注

17 标注形位公差。在【注解】选项卡中单击【形位公差】按钮，在【属性】对话框和【形位公差】属性面板中设定选项，如图 10-66 所示。



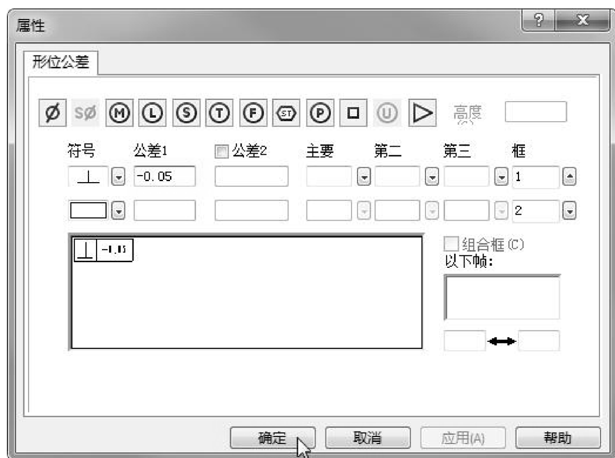


图 10-66 设置形位公差属性

18 单击以放置符号。工程图中标注形位公差如图 10-67 所示。

19 标注表面粗糙度。单击【注解】选项卡中【表面粗糙度符号】按钮，在【表面粗糙度】属性面板中设定属性。

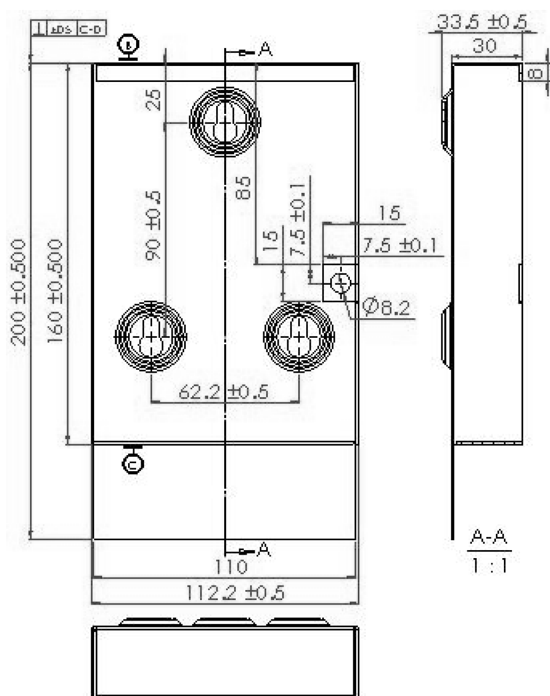
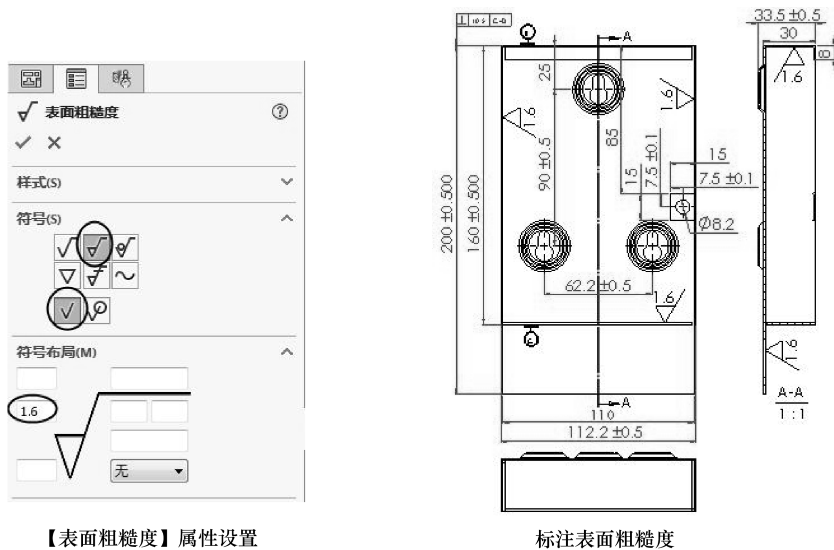


图 10-67　工程图中形位公差标注

20 在图形区域中单击以放置符号。工程图中标注表面粗糙度如图 10-68 所示。



【表面粗糙度】属性设置　　　　标注表面粗糙度

图 10-68　工程图中表面粗糙度标注

21 标注注释。单击【注解】选项卡中【注释】按钮**A**，在【注释】属性面板中设定选项，如图 10-69 所示。

22 单击并拖动边界框，如图 10-70 所示。输入文字，如图 10-71 所示。使用【格式化】选项卡设定文字选项。在图形区域中注释外单击以完成注释。



图 10-70 单击并拖动边界框

图 10-69 【注释】属性面板

图 10-71 在边界框中输入技术要求

23 进一步完善挂墙式分光模块盒的工程图，如图 10-72 所示。

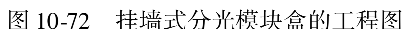


图 10-72 挂墙式分光模块盒的工程图

10.7 课后练习

1. 建立高速轴工程图

本练习建立高速轴的工程图，完成工程图中尺寸和注解标注，高速轴工程图如图 10-73 所示。

2. 建立轴承座工程图

本练习建立轴承座工程图，完成工程图中尺寸和注解标注，轴承座工程图如图 10-74 所示。

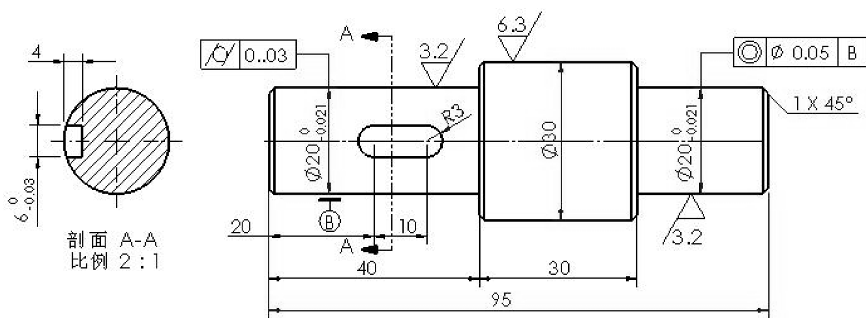


图 10-73　高速轴工程图

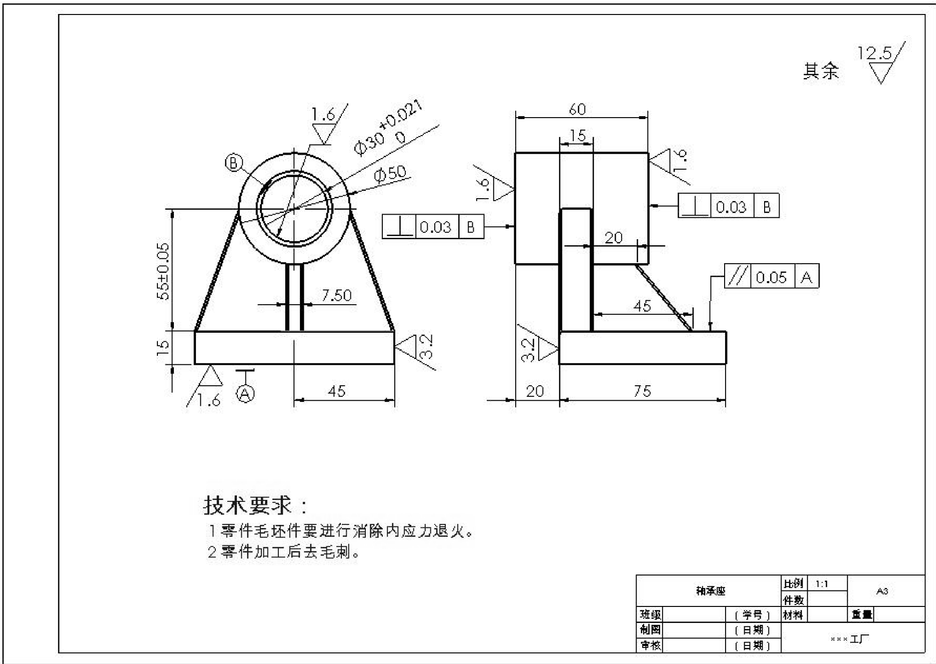


图 10-74　轴承座工程图

SolidWorks 软件的 2018 版本在设计创新性、易学易用性和整体效率性等方面都得到了显著的加强，包括增强了装配处理能力、复杂曲面设计能力，以及针对中国市场的需求增补了国标（GB）模块内容等方面。

本书从软件的基本应用及行业知识入手，以 SolidWorks 2018 软件模块和插件程序的应用为主线，以实例为引导，按照由浅入深、循序渐进的方式，讲解软件的新特性和软件操作方法，使读者能快速掌握 SolidWorks 的软件设计技巧。

对于 SolidWorks 软件的基础应用，本书讲解得非常详细，既有操作上的针对性，也有方法上的普遍性。本书图文并茂，讲解深入浅出、贴近工程，把众多专业和软件知识点，有机融合到每章的具体内容中。本书的体例结构生动而不涩滞，内容编排科学合理，案例实用，能够开拓读者思路，增加读者阅读兴趣，提高读者对知识综合运用的能力。通过对本书内容的学习、理解和练习，力求读者真正达到 SolidWorks 设计者的水平和素质。

本书既可以作为院校机械 CAD、模具设计、产品设计等专业的教材，也可作为对制造行业有浓厚兴趣读者的参考教程。

图书在版编目（CIP）数据

中文版 SolidWorks 2018 从入门到精通/张晓智编著. —北京：机械工业出版社，2018. 5

ISBN 978-7-111-59625-7

Ⅰ. ①中… Ⅱ. ①张… Ⅲ. ①机械设计-计算机辅助设计-应用软件 Ⅳ. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 068767 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：丁 伦 责任编辑：丁 伦
责任校对：秦洪喜 责任印制：张 博
三河市宏达印刷有限公司印刷
2018 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
185mm×260mm · 24 印张 · 587 千字
0001—3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-59625-7
定价：79. 90 元（附赠海量资源及技术支持）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

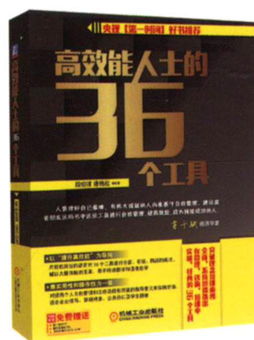
电话服务	网络服务
服务咨询热线：010-88361066	机 工 官 网：www. cmpbook. com
读者购书热线：010-68326294	机 工 官 博：weibo. com/cmp1952
010-88379203	金 书 网：www. golden-book. com
封面无防伪标均为盗版	教育服务网：www. cmpedu. com

央视【第一时间】强力推荐

超多知名专家成就年度爆款

高效能即高产出或高产能。高效能人士则要兼顾产出和产能的平衡，是现代企业对人才需求的新标准。凡成大事者，无不是通过严格的自我管理才获得成功的。这里的自我管理也可理解为自我学习，只有这样才能形成良性的自我提升及可持续发展。

“高效能人士”系列丛书，完全针对职场工作和现实生活中的实际需求。根据不同行业、人群精炼出相应的方法、技巧和工具，从而解决实际工作中的困惑，在提高应用水平的同时还提升了工作效能。其中所列的方法、技巧、工具，对于管理者、培训学员还是职场人士都具有很大价值，帮助大家在职场和生活中充分挖掘自身潜力并提高效能。













在线互动交流平台

官方微博：http://weibo.com/cmpjsj
豆 瓣 网：http://site.douban.com/139085/
读者信箱：cmp_itbook@163.com

专家团队

设计之门在线教育

该机构由专业从事CAD/CAM/CAE技术研究、开发、咨询及产品设计与制造服务的一线专家团队组成。与数十家知名大学有着深度合作关系，共同策划并编写了3C领域一系列畅销产品，以及工业设计十二五高校规划教材。同时，还于部分企业、院校设培训点，开创了校企联合、产学结合、在线教育等新型教育模式。

超值附赠资源


以就业为导向 设计之门在线教育联合多家院校及培训机构，整合师资，提供多种个人认证及企业培训服务，直通行业人才库及就业服务。


腾 讯 课 堂 常年开设在线直播教学课程，同时开设录播多媒体视频教程，供购书读者畅享学习（搜索机构“设计之门”）。


网 易 云 课 堂 提供工业与民用建筑领域的CAD/CAM/CAE类软件教学课程（搜索课程“设计之门”）。


微 信 公 众 号 在微信公众号平台中，提供免费云盘学习资料、前沿信息资讯，以及相关设计软件的图文课程。


机械工业出版社计算机分社官方微信

关注计算机分社官方微信，回复**59625**即可获取本书配套资源下载链接，并可获得更多增值服务和最新资讯。

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机 工 官 网：www.cmpbook.com
机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
金 书 网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版


机械工业出版社微信公众号


机工IT互联网工厂微信服务号

上架指导 计算机/辅助设计

ISBN 978-7-111-59625-7

策划编辑◎丁 伦 / 封面设计◎


子时文化 ZiShi Culture



定价：79.90 元
（附赠海量资源，含教学视频）